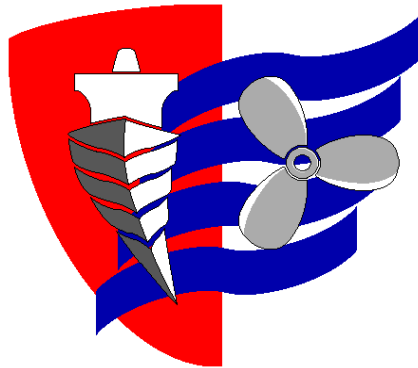


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



***Trabajo Fin de Grado***

**Naves controladas por control remoto  
para la supervisión de estructuras en alta  
mar.**

**Remotely Piloted Aircrafts for the  
supervision in offshore structures.**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE  
MARÍTIMO DE LA MARINA CIVIL.**

Autor: Phillipp Alexander Fernández Sels .

Director: Andrés Ortega Piris.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

***Trabajo Fin de Grado***

**RPAS para la supervisión de estructuras en  
alta mar.**

**Rpas for the supervision in offshore  
structures.**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE  
MARÍTIMO DE LA MARINA CIVIL.**





## ÍNDICE:

RESUMEN: .....	4
ABSTRACT:.....	4
CONTENIDO: .....	4
CONTENT: .....	5
PALABRAS CLAVE: .....	5
KEY WORDS: .....	6
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	7
INTRODUCCIÓN: .....	8
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES .....	9
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN EL SECTOR OFFSHORE: .....	10
2.2 OFFSHORE; IMPACTO ECONÓMICO. ....	15
2.3 DRONES; ORIGEN, PRIMEROS DRONES, EVOLUCIÓN, MODELOS VIGENTES: .....	19
ORIGEN: .....	19
PRIMEROS DRONES: .....	20
EVOLUCIÓN: .....	22
DRONES DE ALA FIJA: .....	27
DRONES MULTIROTOR: .....	27
SEGÚN SU MÉTODO DE CONTROL: .....	28
MODELOS MÁS USADOS EN EL CAMPO CIVIL: .....	29
2.4 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS: .....	32
CAPÍTULO 3: NORMATIVA APLICABLE .....	33
3.1 REGLAMENTO VIGENTE: .....	34
3.2 NORMATIVA DE IMPLANTACIÓN DE RPAS: .....	44



CAPÍTULO 4: ESTADO DEL ARTE .....	45
4.1 SITUACIÓN OFFSHORE. ....	46
4.2 MEDIO Y METEOROLOGÍA: .....	48
4.2.1 SEGURIDAD;.....	50
4.2.2 CONDICIONES DE TRABAJO: .....	51
 CAPÍTULO 5: MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS. ....	55
INTRODUCCIÓN: .....	56
5.1 CONCEPTO DE MANTENIMIENTO Y TIPOS.....	57
TIPOS DE MANTENIMIENTO; .....	57
5.2 MANTENIMIENTO HOY EN DIA EN OFFSHORE: .....	58
5.3 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTOHOY EN DIA EN OFFSHORE: .....	59
 CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE MEJORA DE LA SUPERVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS OFFSHORE MEDIANTE EL USO DE RPAS Y CÁMARAS TERMOGRÁFICAS. ....	61
6.1 NUEVA ALTERNATIVA RPA: .....	62
6.2 EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE RPAS: .....	64
6.3 PROYECTO RPA/THERMO OFFSHORE:.....	68
6.4 APLICACIONES TERMOGRÁFICAS ACTUALES: .....	72
6.5 TIPOS DE CÁMARA TERMOGRÁFICA Y ELECCIÓN DE MODELO: ...	76
6.5.1 MODELO LWIR.....	76
6.5.2 CÁMARA ESPECTRAL MWIR:.....	77
6.5.3 CAMARA SWIR DE TOPOGRAFIA:.....	78
6.6 ELECCIÓN DEL TIPO DE CAMARA TERMO GRÁFICA: .....	79
 CAPÍTULO 7: METODOLOGÍA .....	80
INTRODUCCIÓN: .....	81
7.1 EQUIPO DE TRABAJO: .....	82
CARACTERÍSTICAS DEL RPA PHANTOM: .....	82
7.2 ESTACIÓN DE CONTROL: .....	83
7.3 PLATAFORMA DE LANZAMIENTO Y CONTROL:.....	84
7.4 PLAN DE VUELO:.....	84
7.5 DETECCIÓN DEL PROBLEMA:.....	85



7.6 POST PROCESO EN GABINETE: .....	85
7.7 PLAN DE ACCIÓN: .....	85
CAPÍTULO 8: COSTES DE LA PROPUESTA. ....	86
8.1 LISTA DE UNIDADES MAS FACTOR PERSONA: .....	87
8.2 COSTE RPA PHANTOM: .....	88
8.2.1 PRECIO CURSO PILOTO OFICIAL RPAS/UAV .....	88
8.3 COSTE MANTENIMIENTO RPA.....	89
8.3.1 REPARACIONES: .....	89
8.3.2 COSTE DE MANO DE OBRA: .....	90
8.3.4 COSTES VARIABLES: .....	90
CAPÍTULO 9: CONCLUIONES.....	91
CONCLUSIONES: .....	92
CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA.....	94



## RESUMEN

En este TFG planteamos una nueva metodología para mejorar la eficacia y eficiencia en el mantenimiento de estructuras offshore, mediante la aplicación de nuevas tecnologías basadas en el uso de drones y aeronaves pilotadas a control remoto (RPAS) dotadas de cámaras termo-gráficas, lo cual conlleva significativa reducción de riesgos laborales y costes económicos en las operaciones de mantenimiento de dichas estructuras.

## ABSTRACT

*In this TFG we propose a new methodology to improve efficiency and effectiveness in the maintenance of offshore structures, through the application of new technologies based on the use of drones and remoted piloted aircrafts (RPAS) equipped with infrared cameras, which entails significant reduction of occupational risks and economic costs in the maintenance of these structures.*

## CONTENIDO

En los siguientes capítulos podremos ver en que consiste el offshore, su impacto económico y su evolución a lo largo de los últimos años.

Veremos también en qué consisten los Drones, tipos, aplicaciones civiles, así como su aplicación en el campo del mantenimiento y las posibles ventajas de su aplicación en el sector offshore.

También podremos ver en que consiste la introducción de las cámaras termo-gráficas en el mundo de la industria y el mantenimiento y las aplicaciones de las mismas.

E introduciré un nuevo punto de vista desde el mantenimiento con la introducción de RPAS con cámaras termo-gráficas para el mantenimiento y la supervisión de infraestructuras offshore.

Para ello analizaré factores tales como los reglamentos precedentes y las normativas vigentes para su uso y aplicación civil, situación actual offshore y análisis del medio en el que se encuentra y el factor socioeconómico que lo envuelve.

También analizaré los costes que supondría la introducción de los RPAS en el sector offshore y los costes actuales del mantenimiento offshore y como se podría llevar a cabo un mantenimiento con estas nuevas tecnologías y la metodología del mismo enfocándolo en el campo offshore.



## CONTENT

*In the following chapters we will see in what consists the offshore industry, the economic impact and the evolution over the years in this kind of industry. We will also see what these Drones, types, civil applications and its recent application in the field of maintenance and the potential benefits of its application in the offshore sector.*

*We may also see what is the introduction of thermal cameras in the world of industry and the maintenance and applications of this ones. And I also will introduce a new point of view from the introduction of maintenance with RPAS equipped with thermal cameras for maintenance and supervision of the offshore infrastructures.*

*To do this I will analyze factors such as previous regulations and the current regulations for civil use and application, also the offshore current situation and analysis of the environment in which lies and socioeconomic factors that surrounds him.*

*I will also discuss the costs involved the introduction of RPAS in the offshore sector and current maintenance costs offshore. And the maintenance on these new technologies and methods.*

## PALABRAS CLAVE

Sistema Aéreo no Tripulado (SANT)  
Vehículo Aéreo no tripulado (VANT)  
Nave controlada por control remoto (NCR)  
Zángano (DRON)  
Información para aviadores (NOTAM).  
Agencia Europea de Seguridad Aérea (AESA).  
Higiene, Seguridad, Medio Ambiente y Calidad (HSMC)  
Infrarrojos de onda corta. (IOC).  
Infrarrojos de onda media (IOM).  
Infrarrojos de onda larga. (IOL)  
Alejado de la costa, “ultramar”(Offshore).





## KEY WORDS

Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Unmanned Aerial System (UAS)

Remotely Piloted Aircraft (RPA)

Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)

Notice to Airmen (NOTAM).

European Aviation Safety Agency (EASA).

Health, Safety, Environment, Quality (HSEQ).

Short wavelength infrared (SWIR).

Mid-wavelength infrared (MWIR).

Long-wavelength infrared.(LWIR)



## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es hacer un análisis sobre la evolución de las estructuras en alta mar y el mantenimiento de las mismas e introducir un nuevo punto de vista del mantenimiento introduciendo los RPAS.

Para ello analizaré la normativa precedente y vigente de estos vehículos no tripulados para su aplicación en el campo civil además de los costes y el mantenimiento de los mismos.

También analizaré las cámaras termo-gráficas y su uso hoy en día en la industria en el campo del mantenimiento además de la introducción de las mismas en un RPA para la supervisión de estructuras offshore.

Todo ello para finalizar con un estudio personal sobre la aplicación de estos vehículos no tripulados en la supervisión de estructuras en alta mar para ver cómo se podrían reducir los costes y hacer más eficiente el mantenimiento de las mismas que se realiza hoy en día además de evitar riesgos laborales.



## CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

## 2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN EL SECTOR OFFSHORE

Podemos definir la palabra “Offshore u Offshoring” como un término del idioma inglés que su traducción literaria significa "en el mar, alejado de la costa" o "ultramar".

Aunque también es comúnmente utilizado en diversos ámbitos para indicar la deslocalización de un recurso o proceso productivo.

Si nos remontamos a los años cincuenta, se puede decir que la primera perforación offshore la realizó “Shell” en 1947 en el Golfo de México. Fue la primera por ser económicamente viable y en la que se alcanzó una profundidad bajo tierra de unos 4.6 m con el fin de explotar un pozo petrolífero.

**Ilustración 1: Ilustración 1: Plataforma Marina de Shell No.10 en 1947.**



Fuente: [www.shell.com](http://www.shell.com)

Desde entonces se fueron introduciendo mejoras en los distintos tipos de estructuras offshore, tanto fijas como flotantes. Cada vez situadas en zonas más lejanas y más profundas y con condiciones ambientales más severas y con unas dificultades mayores en cuanto a construcción.



Más tarde aparece la plataforma conocida como “Cognac”, con la que se produjo un gran avance tecnológico. Esta plataforma estaba formada por una estructura fija que se dividía a su vez en tres estructuras fijas con la que se fue capaz de alcanzar 312 metros de profundidad.

**Ilustración 2: Plataforma Cognac.**



Fuente: [www.shell.com](http://www.shell.com)

Hay que remontarse hasta 1991, para ver la plataforma de estructura fija con la que se alcanzó mayor profundidad. Con esta se alcanzaron unos 412 metros de profundidad, y también fue propiedad de Shell.

**Ilustración 3: Plataforma Shell de estructura fija.**



Fuente: [www.shell.com](http://www.shell.com)



Desde ese momento y con la intención de perforar zonas cada vez más profundas, el principal problema fue el coste de estas estructuras ya que a mayor profundidad el coste aumentaba exponencialmente.

Ante esta situación apareció una nueva alternativa y más barata, que recibió el nombre de la “Torre Lena“. Esta estructura permitía la deformación de sus elementos estructurales a la hora de soportar esfuerzos. Además se mantenía estática por un conjunto de cables sujetos al fondo marino, para soportar elementos climatológicos adversos. Con esta torre se alcanzaron los 500 metros de profundidad.

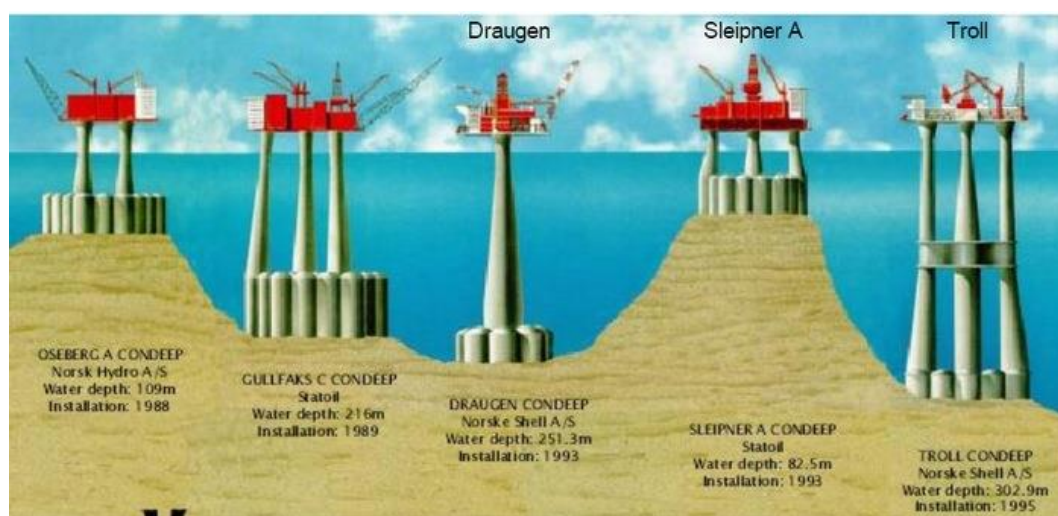
**Ilustración 4: Torre "Lena".**



Fuente: <http://smetak.com>

Todas estas estructuras fueron construidas en acero, pero en la década de los ochenta aparecen algunas construidas con hormigón para soportar condiciones climatológicas más severas de algunas aguas en las que se quiso perforar, como por ejemplo las aguas del mar del Norte.

**Ilustración 5: Torres Offshore con base de hormigón.**



Fuente: <http://oceanexplorer.noaa.gov>



Más tarde aparecen las plataformas flotantes semisumergibles, que están siendo muy utilizadas hoy en día. Estas se fijan al fondo mediante cables y anclas además de estar equipadas con posicionamiento dinámico por lo que pueden navegar y posicionarse solas. Con este tipo de plataformas se llegan a alcanzar profundidades de hasta 3000 metros. **Con este sistema se redefinió el concepto de la perforación offshore.**

**Ilustración 6: Torre semisumergible.**



Fuente: <http://marygerencia.com>

También hay que nombrar aunque no se traten de plataformas, los Buques perforadores. Ya que su finalidad es la misma y se emplean como tales.

Son las unidades de perforación que poseen mayor movilidad hoy en día en este sector, ya que reducen mucho el tiempo entre una perforación y otra, en zonas lejanas, ya que pueden navegar a grandes velocidades y situarse de una forma “sencilla” en las zonas en las que se quiere perforar.

Operan en profundidades de entre 200 y hasta 2500 metros. Suelen utilizar un sistema de anclas, y en aguas donde hay una profundidad mayor de mil metros utilizan un sistema de posicionamiento dinámico.



### Ilustración 7: Buque Perforador.



Fuente: <http://larocamadrehg.blogspot.com.es>

Destacar también que cuando hablamos de industria offshore y su evolución, no sólo hablamos del sector petrolífero ya que hay muchos otros.

En el caso de plataformas o estructuras offshore podemos encontrar de diferentes tipos:

- Plataformas de Perforación.
- Plataformas de Almacenamiento.
- Plataformas autónomas.
- Plataformas de producción.
- Plataformas auxiliares.
- Plataformas de ignición.
- Puentes.
- Plataformas Jack-UP.
- Helipuertos.

También hay que nombrar otros campos como el de las energías renovables, como por ejemplo los campos eólicos en alta mar ya que está siendo centro de atención para muchas de las inversiones y hay toda una industria que la envuelve.

**Ilustración 8: Campo eólico Bard1 en Alemania.**



Fuente: Phillipp Alex. Fernández Sels.

## **2.2 OFFSHORE; IMPACTO ECONÓMICO.**

Desde la segunda mitad del año 2014, la industria del petróleo y el gas offshore han estado sufriendo una caída debido a la bajada de precio del petróleo. Uno de los factores que han provocado esto, es que en Oriente Medio el petróleo se encuentra a poca profundidad y es mucho más económico extraerlo que en otros países como Venezuela y Rusia. Esto ha hecho que rompan el mercado pudiendo ofrecer petróleo mucho más económico.

Esto y que EEUU haya pasado de ser un país importador de petróleo a uno exportador debido al fracking ha causado una depreciación del petróleo a nivel mundial. Todo esto ha hecho poner en riesgo muchos de los proyectos e inversiones que ya había programadas.

Por otro lado, África sigue estando en el foco de las empresas de este sector ya que casi el 30% de los yacimientos encontrados en los últimos 5 años han sido en esta zona. Esto ha hecho que muchas de las inversiones se hayan centrado en este país.



Otro caso también es como por ejemplo Brasil, ha visto un crecimiento importante en las inversiones en el sector offshore.

Y el caso de México, donde las grandes empresas han mostrado mucho interés, ya que el país aprobó una ley que permitiría a las empresas de energía, tanto nacionales como privadas y extranjeras explorar, producir y refinar petróleo por primera vez desde 1938.

La explotación en aguas profundas o en offshore son el principal atractivo para las inversiones ya que la mayoría de los yacimientos de petróleo y gas que se encuentran hoy en día son en alta mar.

Por eso mismo es de prever que la mayoría de las operaciones de extracción de petróleo se van a realizar en este campo y va a ser cada vez mayor el número de estructuras en alta mar aumentando el número de puestos de trabajo, buques de apoyo, la industria que rodea a este sector además de aumentar el número de empresas que se dedican al mantenimiento de las mismas.

#### **Ilustración 9: Estación petrolífera Offshore.**



Fuente: [www.fierasdelaingenieria.com](http://www.fierasdelaingenieria.com)

Hay que tener en cuenta también los sectores offshore distintos a los del petróleo que están creciendo en la actualidad y que están despertando gran interés económico siendo centro de grandes inversiones, que es el de las energías renovables como es el caso de los campos eólicos en alta mar o la energía mareomotriz.

### Ilustración 10: Campo eólico Bard 1.



Fuente: Phillipp Alex. Fernández Sels.

El interés en los parques eólicos offshore ha provocado la necesidad de investigar los problemas técnicos y económicos en el diseño, la operación y el mantenimiento de los mismos para analizar y sobretodo reducir costes y ver o analizar la viabilidad de estos proyectos a la hora de construir un campo de aerogeneradores en alta mar.

Muchos países como Dinamarca, Alemania, Holanda, Francia, Reino Unido, Suecia, EEUU y China están interesados en construir grandes proyectos de parques eólicos offshore.

En el caso de España, no existe ningún parque eólico offshore, pero si hay solicitudes presentadas para proyectos en la costa de Andalucía, Valencia, Cataluña, País Vasco y Galicia.

Este interés que hay en este tipo de proyectos de los parques eólicos offshore es porque son más eficientes en comparación con los parques eólicos en tierra, ya que el viento es más limpio y constante en alta mar además de muchos otros factores positivos. Eso y que también tiene mucho menos impacto a la hora de hablar de contaminación visual e influir mucho menos sobre especies como la de las aves en tierra.





Hoy en día, la mayoría de los parques eólicos offshore en funcionamiento se encuentran en el norte de Europa en países como: Suecia, Dinamarca, Reino Unido, Irlanda, Alemania y Países Bajos.

El primer aerogenerador marino fue instalado en Suecia en 1990.

### **Ilustración 11: Aerogenerador Marino.**



Fuente: Phillipp Alexander Fernández Sels.

En el mundo se encuentran en operación, alrededor de 41 parques eólicos offshore, aunque el número va cambiando a diario ya que hay muchos proyectos que se encuentran en construcción.

Entre los países con más capacidad total energética que viene de aerogeneradores en alta mar cabe destacar cuatro países:

Dinamarca con los parques eólicos de: Horns Rev, con: 160MW, Horns Rev II, con 209MW y Nysted, con 165.6MW),

Reino Unido con: Lynn & Inner Dowsing, con 194.5 MW, Gunfleet Sand, con 173MW y Robin Rigg, con 180MW.

Suecia con: Lillgrund, con 110.4MW Y por último Holanda con Princess Amalia, de 120MW.



## 2.3 DRONES; ORIGEN, PRIMEROS DRONES, EVOLUCIÓN, MODELOS VIGENTES

Dentro de este tipo de vehículos conocidos en español como Drones, podemos diferenciar varios tipos y definiciones, entre las cuales se encuentra como un vehículo aéreo no tripulado (VANT) o UAV en inglés (Unmanned Aircraft Vehicle) que es una aeronave que vuela sin tripulación. Aunque hay VANT de uso civil, también son usados en aplicaciones militares.

Hay una amplia variedad de formas, tamaños y características en el diseño de los VANT. Históricamente los VANT eran simplemente aviones pilotados remotamente, pero cada vez más se está empleando el control autónomo de los mismos.

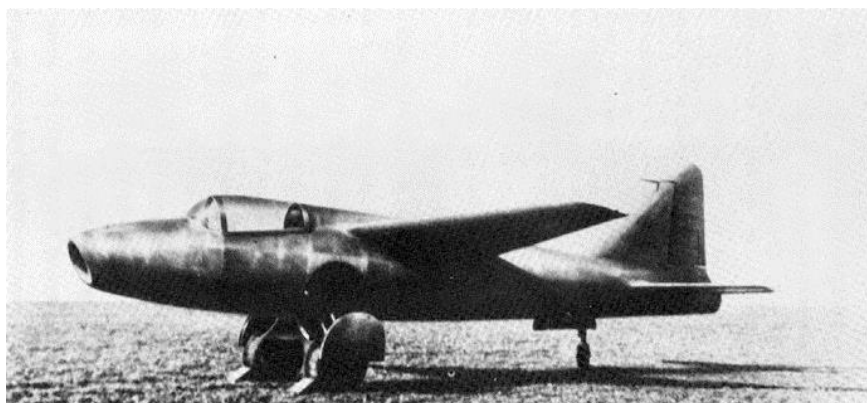
En este sentido se han creado dos variantes: Unos son controlados desde una ubicación remota RPA, y otros que vuelan de forma autónoma sobre la base de planes de vuelo pre-programados VANT. Aunque hoy en día los hay con las dos características de vuelo remoto y autónomo.

### ORIGEN

En la Segunda Guerra Mundial fueron muchos los inventos que aparecieron con la única motivación de ganar una guerra e ir un paso por delante del enemigo.

Una de las industrias que más se desarrolló fue la industria aeronáutica en la que se pasó de los primeros aviones de motor de hélice a los primeros motores a reacción diseñados por el ejército Alemán.

**Ilustración 12: Heinkel HE 178.**



Fuente: [www.britannica.com](http://www.britannica.com)



La prosperidad que se vivió en esta industria en esa época a causa la guerra hizo avanzar a la industria aeronáutica no sólo en su diseño, sino también en el empleo de nuevos materiales y motores.

Es entonces cuando aparecen los primeros UAV durante la guerra, únicamente con el fin de practicar con las baterías antiaéreas.

## PRIMEROS DRONES

El primer Dron fue diseñado por Charles Kettering, de General Motors.

**Ilustración 13: Bomba aérea Kettering.**



Fuente: [www.Raimundobarbado.blogspot.com](http://www.Raimundobarbado.blogspot.com)

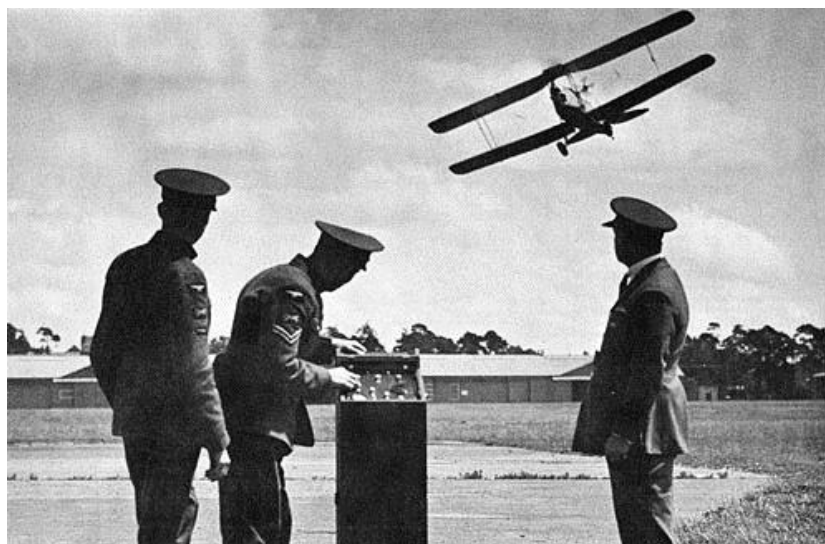
Se basaba en un vehículo aéreo programado que se activaba por un mecanismo por tiempo del tipo de un reloj, que hacía plegar las alas en un lugar determinado y caer sobre un enemigo como si de una bomba se tratase.

Pero no fue hasta finales del siglo XX cuando aparecieron las primeras unidades operadas por control remoto, lo que hizo que el abanico de estos pequeños aviones no tripulados se ampliara considerablemente, permitiendo como por ejemplo, cruzar líneas enemigas sin causar bajas humanas.

El primer UAV, recibió el nombre de Queen Bee o abeja reina.

Se controlaba por control remoto y se utilizaba sobre todo en los barcos de guerra. Fue comúnmente usado por el ejército Británico y desde 1937 hasta 1943.

**Ilustración 14: UAV Abeja Reina.**



Fuente: [www.erepublik.com](http://www.erepublik.com)

El primer UAV producido en serie fue el estadounidense “Radio Plane” OQ-2, que sirvió como blanco para la formación de pilotos como entrenamiento para derribar aviones y así mejorar sus habilidades en combates aéreos.

**Ilustración 15: Radio Plane OQ2.**



Fuente: [www.blogs.20minutos.es](http://www.blogs.20minutos.es)



## EVOLUCIÓN

A partir de la Segunda Guerra Mundial empiezan a aparecer drones mucho más sofisticados. El hecho de querer ganar guerras fuera como fuera, hizo evolucionar aún más la industria aeronáutica y aumentar las inversiones de I+D en este sector.

Es entonces durante la Segunda Guerra Mundial, cuando los ingenieros alemanes desarrollan varios tipos de armas guiadas por radiocontrol o control remoto.

**Ilustración 16: Bomba Henschel.**



Fuente: <http://warships1discussionboards.yuku.com>

En Estados Unidos se fabricó el interstate TDR en 1944, que fue utilizado por primera vez en el mundo como el UAV de ataque.

**Ilustración 17: Interstate TDR.**



Fuente: [www.hyperscale.com](http://www.hyperscale.com)

A principios de los años 70 Tupolev desarrolló varios drones de gran alcance para misiones de reconocimiento. Los llamados “Tu-123”, “Tu-141” y “Tu-143”. Aunque muchos de ellos acabaron llenos de polvo en los aeródromos.

**Ilustración 18: UAV tipo TU.**



Fuente: [www.erepublik.com](http://www.erepublik.com)

Por último a finales de los años 90, surgen los últimos modelos conocidos, diseñados también por la industria militar cada vez con más autonomía, capaces de volar cada vez a más altura.

Entre ellos el más conocido es el Predator. Se trata de un UAV que fue el primero en usar el sistema de posicionamiento global GPS en lugar de estar programado o de usarse a través de la línea de visión.

**Ilustración 19: UAV Predator.**



Fuente: [www.fdra.blogspot.com](http://www.fdra.blogspot.com)

Más tarde aparecen UAV aún más evolucionados tecnológicamente.

En 1998 se desarrolla el Global Hawk, un UAV capaz de alcanzar gran altitud además de tener una gran autonomía para permanecer en el aire mucho tiempo sobre un territorio enemigo.

### **Ilustración 20: Global Hawk.**



Fuente: <http://foxtrotalpha.jalopnik.com>

En el 2001, se realiza el primer vuelo de un MQ-9 Reaper, bautizado como Predator-B, que consiste en un avión no tripulado aún más rápido, capaz de volar aún más alto y más letal ya que estaba provisto de armas inteligentes. Su producción comenzó al año siguiente en el 2002.

### **Ilustración 21: Reaper.**



Fuente: [www.erepublik.com](http://www.erepublik.com)





Posteriormente aparece en el año 2010 el x37A, un avión espía no tripulado construido por la Nasa en conjunto con tecnología de Boeing.

Este UAV era capaz de permanecer meses en funcionamiento ya que realizaba vuelos espaciales y se situaba en órbita. Fue un proyecto financiado por EEUU.

**Ilustración 22: Avión espía X37A.**



Fuente: [www.guioteca.com](http://www.guioteca.com)

Y por último en 2011 aparece un modelo de dron espía derribado por las fuerzas aéreas iraníes conocido como RQ-170 Sentinel construido y diseñado por el ejército Americano.

**Ilustración 23: Dron RQ170 Sentinel.**



Fuente: [www.erepublik.com](http://www.erepublik.com)



## MODELOS VIGENTES

Tras años de utilización militar muchos vieron en esta nueva tecnología formas de aplicación para el campo civil. Hoy en día las aplicaciones civiles son cada vez mayores, como por ejemplo:

**-Prevención de los incendios forestales.** Pudiendo usarse como elementos de apoyo y vigilancia de zonas dónde hay incendios incluso antes de que surjan estos mismos. Además de evitar poner en riesgo vidas humanas .

**-Vigilancia de fronteras.** Para evitar la entrada masiva de inmigrantes irregulares sin poner en riesgo a personal de tierra o agentes de la autoridad.

**-Control de grandes infraestructuras industriales,** como por ejemplo los oleoductos o tendidos de cableado eléctrico.

En la actualidad en nuestro caso en España, Endesa, los está utilizando para supervisar el tendido eléctrico.

**Ilustración 24: Control Oleoducto.**



Fuente: [www.todrone.com](http://www.todrone.com)

**-Labores de vigilancia y control** de zonas en las que se pondría en juego las vidas humanas como por ejemplo desastres químicos o nucleares.

**-Búsqueda y rescate de personas,** en todo tipo de terrenos, ya que son vehículos que pueden sortear cualquier tipo de obstáculo, además de poder volar en condiciones climatológicas adversas.



A este abanico hay que añadir que el coste económico es mucho menor por operación del que tienen otros métodos tradicionales como por ejemplo aviones y helicópteros.

**Hoy en día el tipo de drones vigentes para aplicaciones civiles los podemos clasificar en dos tipos:**

### **DRONES DE ALA FIJA**

Son aquellos que tienen alas fijas similares a las de un avión, ya que se sostienen en el aire debido a la fuerza de elevación que ejercen las alas del aparato.

**Ilustración 25: Dron de ala fija.**



Fuente: [www.erepublik.com](http://www.erepublik.com)

### **DRONES MULTIROTOR**

Son aquellos que funcionan con los mismos principios que los de un helicóptero.

Suelen ser cuadrocópteros, es decir, (4 rotores con hélice) aunque después también los hay con 6 o incluso de hasta 8 hélices.

Poseen giróscopos y estabilizadores para mantener la posición lo que permite que sean muy útiles y más fáciles a la hora de pilotarlos. Además de facilitar su manejo en condiciones climatológicas adversas. Ya que pueden contrarrestar las fuerzas externas para mantener la posición en un lugar determinado. Esto hace que el Piloto



de estas naves no tenga que estar tan entrenado como con otros modelos más antiguos dónde se pilotaba estos vehículos de forma totalmente manual.

**Ilustración 26: Dron Multirrotor.**



Fuente: <http://flyuav.com/2011/12/09/multi-rotor/>

## SEGÚN SU MÉTODO DE CONTROL

Según su método de control pueden ser:

**Autónomos:** El dron no necesita de piloto que lo controle desde tierra. Se guía por sus propios sistemas y sensores integrados.

**Monitorizados:** El dron dirige su propio plan de vuelo y el técnico, decide qué acción se llevará a cabo.

**Supervisados:** Un operador pilota el dron, aunque este puede realizar algunas tareas autónomamente.

**Pre-programados:** El dron sigue un plan de vuelo planificado previamente y no tiene medios de cambiarlo.

**Control remotos:** El dron es pilotado por un operador mediante los mandos de control del mismo.

## MODELOS MÁS USADOS EN EL CAMPO CIVIL

### AIBOTIX

**Ilustración 27: RPA Aibotix.**



Fuente: [www.aibotix.com](http://www.aibotix.com)

#### PARÁMETROS DE VUELO:

Peso muerto; 3.4kg

Peso máximo de despegue; 4.6 6.6kg.

Velocidad máxima 50km/h

Velocidad de ascenso; 8m/s

Alcance o altura máxima de vuelo; 3km



## SPREADING WINGS S1000

**Ilustración 28: Spreading Wings.**



Fuente: [www.dji.com](http://www.dji.com)

### PARÁMETROS DE VUELO;

Peso máximo de despegue; 6.0Kg ~ 11.0Kg

Peso muerto; 4.4Kg

Autonomía de 15min (Con 9.5Kg de peso de despegue.)

Y el más conocido y o utilizado en el campo civil actualmente por tema de calidad precio y facilidad en el manejo se podría decir que es el Phantom.

Que es en el que nos centraremos en este proyecto de mantenimiento de estructuras offshore.

## PHANTOM:

**Ilustración 29: RPA Phantom.**



Fuente: [www.dji.com](http://www.dji.com)

**Ilustración 30: Parámetros de Vuelo.**

A e r o n a v e	Peso con Batería	Sensibilidad de planeo	Máxima Velocidad de giro horizontal	Ángulo máx de inclinació
	1000gr	Vertical: 0,8 m Horizontal: 2,5 m	200°/s	35°
	Maxima Velocidad de ascenso y descenso	Máxima velocidad de vuelo	Máxima longitud	
	6 m/s	10m/s	350mm	
	Tiempo de vuelo	Máximo peso de despegue	Temperatura de trabajo	
Batería	25min	1,3kg	-5°C a 50°C	
	Batería	Peso de la Batería	Corriente de carga	
ando	5200mAh Lipo	340gr	4A	
	Frecuencia de operación	Distancia de comunicación	Sensibilidad del receptor (1%PER)	
	2,4GHz ISM	1000m	-97dBm	
	Batería	Consumo de potencia		
	4 Baterías AA	100mA - 6V		

Fuente: [www.dji.com](http://www.dji.com)



## 2.4 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

Como ocurre en todo, cuando aparecen nuevas tecnologías o para desarrollar nuevas aplicaciones como en este caso de los UAV en la industria civil primero hay que superar las trabas burocráticas.

**La primera Normativa** que se implantó acerca de estos vehículos fue la **Normativa internacional**.

**El artículo 8 del convenio civil Internacional firmado en Chicago en Diciembre de 1944** y enmendado en la Asamblea de **OACI** (Organización de Aviación Civil Internacional) **doc. (7300)** que se denominó el convenio de Chicago.

Y que según el concepto de gestión del tránsito aéreo mundial, el **artículo 8**, ninguna nave capaz de volar sin piloto, ya fuera sin piloto al mando a bordo o que se controlara desde otro lugar o a distancia, podría volar por encima del Estado Contratante al menos que se solicitara permiso para ello o que se contara con una autorización de los organismos del Estado.

Y que sólo en los casos de los RPAS o aeronaves pilotadas a distancia por control remoto podrían integrarse al sistema de aviación civil internacional en un futuro previsible.



### **CAPÍTULO 3: NORMATIVA APLICABLE**



### 3.1 REGLAMENTO VIGENTE

Como resultado de todas estas nuevas aplicaciones civiles de los UAV y sin tener un reglamento o una normativa, fue la necesidad lo que obligó a los gobiernos ponerse en marcha para regularizar este tipo de vehículos.

Con unos requisitos mínimos como por ejemplo en cuanto a su funcionamiento, titulación del operador o piloto y mantenimiento de estos vehículos además de revisiones periódicas etc.

No sólo por regular este tipo de vehículos y actividades por temas de seguridad sino también por el interés económico que pueden generar en la sociedad.

Ya que cada vez han sido más las empresas interesadas en prestar servicios con este tipo de vehículos ya sea en campos que van desde la agricultura hasta la industria o pasando por el rescate de personas hasta incluso el mantenimiento de infraestructuras.

También ha sido necesario establecer unas exigencias en cuanto a la planificación del vuelo, en que zonas está permitido y en qué zonas no y como solicitar permisos para realizar los vuelos de estos aparatos y en nuestro caso en España, a que organismos públicos acudir para solicitar estos permisos.

En Europa la primera empresa en obtener los primeros Certificados de Aeronavegabilidad Experimental fue la española “Flightech Systems” otorgados en Europa por la AESA.

Por todo esto y con el fin de regularizar este campo novedoso se publicó y entró en vigor en España el 2014 el BOE A-2014-10-51-17 que veremos resumido a continuación.

#### **1.4.2 REGLAMENTO VIGENTE, BOE A-2014-10-51-17;**

10517 Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia.

Artículo 50 habla sobre la operación de aeronaves civiles pilotadas por control remoto:

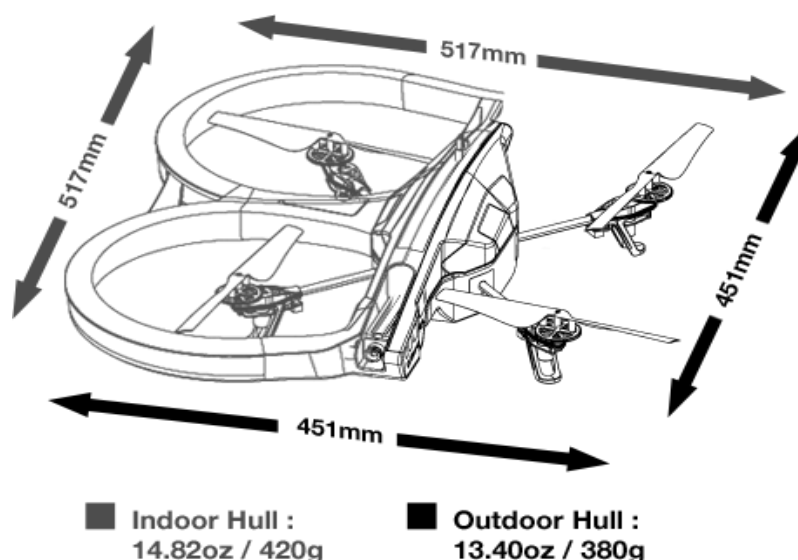
1. El responsable de la aeronave y de la operación y del cumplimiento de la normativa, incluso de la protección de datos o la toma de imágenes aéreas, o daños causados por la aeronave es el piloto u operador aun cumpliendo esta normativa, ya que no le exime de ninguna responsabilidad.
2. Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegar sea mayor de 25 kg deben estar inscritas en el Registro de matrícula de aeronaves y deben tener un certificado de aeronavegabilidad.

Quedan exentas de cumplir estos requisitos las aeronaves civiles pilotadas por control remoto con una masa máxima al despegar igual o inferior.

Todas las aeronaves civiles pilotadas por control remoto deberán llevar una placa de identificación en la que debe aparecer, de forma legible a simple vista, la identificación, y un número de serie además del nombre de la empresa que la opera y los datos necesarios para ponerse en contacto con la empresa operadora.

*Cve: BOE-A-2014-10517*

**Ilustración 31: Ejemplo medidas Dron.**



Fuente: [www.parrot.com](http://www.parrot.com)



### Zonas para operar estas aeronaves:

Sólo se podrán operar en zonas fuera de ciudades, pueblos o lugares habitados o de aglomeraciones de viviendas o zonas de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado.

Más allá del alcance visual del piloto, dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control y a una altura máxima sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m).

Siempre y cuando estos vehículos estén pilotados por control remoto y con masa máxima a la hora de despegar sean inferiores a 2 kg y siempre que tengan medios para poder conocer la posición de la misma.

### **Ilustración 32: Referencia a una estructura de 120m. de altitud.**



Fuente: [www.con-cafe.com](http://www.con-cafe.com)



### Condiciones o exigencias para volar estas aeronaves:

a) La realización de los vuelos estará condicionada a la emisión de un NOTAM por el proveedor de servicios de información aeronáutica, solicitado por el operador de la aeronave y que a su vez habilitado para ello, para informar de la operación al resto de los usuarios del espacio aéreo de la zona.

### Dependiendo de su masa máxima en el despegue:

b) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya **masa máxima al despegue no sea mayor de 25 kg**, sólo podrán volar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios, ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, a una distancia de éste no mayor de 500 m y a una altura sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m).

c) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto **cuya masa máxima al despegar sea mayor a 25 kg y no sea superior a 150 kg y o igual o superior a 150** destinadas a actividades de lucha contra incendios o búsqueda y salvamento, sólo podrán operar, con las condiciones y limitaciones que se establecen en su certificado de aeronavegabilidad emitido por la AESA, en un espacio aéreo no controlado.

### Requisitos de dichas operaciones tanto de la nave como del operador:

1º Que el operador tenga a mano la documentación con las características de la aeronave que vaya a utilizar, con la definición de su configuración, características y prestaciones.

2º Que se disponga de un Manual de operaciones que establezcan los procedimientos de la operación.

3º Que haya realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación, en el que conste que puede realizarse con seguridad.

Este estudio, que podrá ser genérico o específico para un área geográfica, que tendrá en cuenta las características básicas de la aeronave o aeronaves.

4º Que se hayan realizado satisfactoriamente los vuelos de prueba que resulten necesarios para demostrar que la operación puede realizarse con seguridad.

5º Que se haya un programa de mantenimiento de la aeronave, ajustándose a las recomendaciones del fabricante.





6º Que la aeronave esté pilotada por pilotos que cumplan los requisitos establecidos en esta normativa.

7º Se exigirá a los operadores de las aeronaves civiles, una póliza de seguro o otra garantía financiera que cubra la responsabilidad civil frente a terceros por daños que puedan producir las aeronaves o como resultado de la realización del vuelo, según los límites de cobertura que se establecen en el Real Decreto 37/2001, de 19 de enero, por el que se actualiza la cuantía de las indemnizaciones por daños previstas en la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea, para las aeronaves de peso inferior a 20 kilogramos de peso máximo al despegue.

Para aquellas aeronaves cuyo peso sea superior a 20 kilogramos de peso máximo al despegue será aplicable el límite de cobertura establecido en el Reglamento (CE) n.º 785/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre los requisitos de seguro de las compañías aéreas y operadores aéreos.

8º Que se hayan adoptado medidas para proteger a la aeronave de interferencias ilícitas durante las operaciones, como del enlace de radio y de evitar el acceso de personal no autorizado a la estación de control y a la ubicación de almacenamiento de la aeronave.

9º Que la operación se realice a una distancia mínima de 8 km de cualquier aeropuerto o aeródromo.

En el caso de vuelos instrumentales, a una distancia mínima de 15 km de su punto de referencia tienen que establecerse una coordinación con dichos aeródromos o aeropuertos.

La coordinación realizada deberá estar documentada, además de estar obligado el piloto de tenerla a disposición de la AESA.

#### Casos en los que se podrá realizar el vuelo:

**Podrán realizarse los siguientes tipos de vuelos por aeronaves civiles pilotadas por control remoto**, de día y en condiciones meteorológicas aceptables en un espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, o, en otro caso, en una zona del espacio aéreo separada y siempre en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre:

- a) Vuelos de prueba de producción y de mantenimiento, realizados por fabricantes u organizaciones dedicadas al mantenimiento.
- b) Vuelos de demostración no abiertos al público, dirigidos a grupos cerrados de asistentes a un determinado evento o de clientes potenciales de un fabricante u operador.



- c) Vuelos para programas de investigación, nacionales o europeos, en los que se trate de demostrar la viabilidad de realizar determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto.
- d) Vuelos de desarrollo en los que se trate de poner a punto las técnicas y procedimientos para realizar una determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto previos a la puesta en producción de esa actividad.
- e) Vuelos de I+D realizados por fabricantes para el desarrollo de nuevos productos.
- f) Vuelos de prueba necesarios para demostrar que las actividades solicitadas conforme al apartado 3 pueden realizarse con seguridad.

#### Autorizaciones para las operaciones:

En los casos en que la operación se vaya a realizar por un operador no sujeto a la supervisión de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, deberá disponer de la autorización de la autoridad aeronáutica del país de origen para la realización de la actividad de que se trate y acreditar ante la AESA que los requisitos de aquella autoridad son al menos equivalentes a los establecidos en este apartado.

#### Requisitos para los pilotos u operadores de las aeronaves:

- a) Ser titulares de cualquier licencia de piloto, incluyendo la licencia de piloto de ultraligero, emitida conforme a la normativa vigente, o haberlo sido en los últimos cinco años y no haber sido desposeídos de la misma en virtud de un procedimiento sancionador.
- b) Demostrar de forma indiscutible que disponen de los conocimientos teóricos necesarios para la obtención de cualquier licencia de piloto, incluyendo la licencia de piloto de ultraligero.

En el caso de las aeronaves de masa máxima al despegue no superior a 25 kg, deberán disponer:

#### 1º Para volar dentro del alcance visual del piloto:

Un certificado básico para el pilotaje de aeronaves civiles pilotadas por control remoto, emitido por una organización de formación aprobada, conforme al anexo VII del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011,



Por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil, que confirme que dispone de los conocimientos teóricos necesarios en las materias de:

**Normativa aeronáutica, conocimiento general de las aeronaves (genérico y específico), performance de la aeronave, meteorología, navegación e interpretación de mapas, procedimientos operacionales, comunicaciones y factores humanos para aeronaves civiles pilotadas por control remoto.**

2º Para volar más allá del alcance visual del piloto:

De certificado avanzado para el pilotaje de aeronaves civiles pilotadas por control remoto, emitido por una organización de formación aprobada, conforme al anexo VII del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, que acredite además de los conocimientos teóricos señalados en el número 1.º, conocimientos de servicios de tránsito aéreo y comunicaciones avanzadas.

Deberán también acreditar:

1º Tener 18 años de edad cumplidos.

2º Los pilotos que operen aeronaves de hasta 25 kilos de masa máxima al despegue deberán ser titulares, como mínimo, de un certificado médico que se ajuste a lo previsto en el apartado MED.B.095 del anexo IV, Parte MED, del Reglamento (UE) número 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, en relación a los certificados médicos para la licencia de piloto de aeronave ligera (LAPL).

3º Los pilotos que operen aeronaves de una masa máxima al despegue superior a 25 kilos deberán ser titulares como mínimo de un certificado médico de Clase 2, que se ajuste a los requisitos establecidos por la sección 2, de la subparte B, del anexo IV, Parte MED, del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, emitido por un centro médico aeronáutico o un médico examinador aéreo autorizado.

Además, en todos los casos, deberán disponer de un documento que acredite que tienen los conocimientos necesarios de la aeronave y sus sistemas, así como de su pilotaje, emitido bien por el operador, bien por el fabricante de la aeronave o una organización autorizada por éste, o bien por una organización de formación aprobada. En ningún caso este documento podrá ser emitido por el piloto para el que se solicita la autorización.



#### Plazos y avisos de operaciones programadas y requisitos:

El ejercicio de las operaciones previstas por aeronaves cuya masa máxima al despegue sea igual o inferior a 25 kg se deberá comunicar a la AESA con mínimo cinco días antes al día del inicio de la operación.

#### La comunicación previa deberá contener:

- a) Los datos identificativos del operador, de las aeronaves que vayan a utilizarse en la operación y de los pilotos que la realicen, así como de sus acreditaciones y requisitos necesarios.
- b) La descripción y caracterización de las aeronaves, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.
- c) El tipo de trabajos técnicos o científicos que se vayan a desarrollar o los vuelos que se van a realizar así como de las características de la operación.
- d) Las condiciones o limitaciones que se van a establecer en la operación o vuelo para garantizar la seguridad.

#### Aparte se deberá presentar:

Una declaración responsable en el que manifieste, bajo su responsabilidad, que cumple con cada uno de los requisitos exigibles para la ejecución de las actividades u operaciones comunicadas además que dispone de la documentación y que cumplirá con los requisitos en el período de tiempo que dure la actividad.

El Manual de operaciones, el estudio aeronáutico de seguridad y la documentación que lo acredita.

#### En caso de producirse alguna Modificación:

Deberá ser comunicada a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea con una antelación mínima de 5 días al día de la implementación de la modificación, presentando actualizada la declaración responsable.

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea está obligada a emitir un acuse de recibo en el plazo de cinco días a contar desde el día de recepción de la documentación en el que, como mínimo, aparezcan las actividades que se van a realizar.



Para aeronaves con masa máxima que exceda a 25kg en el despegue:

Estará pendiente a la previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

La solicitud de autorización y sus modificaciones deberá tener el contenido mínimo del apartado anterior.

La comunicación previa o autorización de la realización de los trabajos técnicos o científicos se habilitan por tiempo indefinido.

En el caso de las operaciones que necesiten comunicación previa una vez haya pasado el plazo de cinco días, deberán ceñirse al cumplimiento de los requisitos exigidos además mantener su cumplimiento.

La comunicación previa o autorización de la realización de los vuelos previstos y sus modificaciones permitirá la realización de aquellos vuelos que, se hayan autorizado o comunicado con la antelación prevista en el apartado anterior, y siempre que se mantenga el cumplimiento de los requisitos que se exigen.

Los operadores habilitados según esta normativa para estas actividades aéreas, podrán, bajo su responsabilidad, realizar vuelos que no se ajusten a las condiciones y limitaciones previstas en los apartados anteriores.

Como por ejemplo: situaciones de riesgo, catástrofe o desgracia pública, así como para la protección y socorro de personas y bienes.

Otras reformas en materia de navegación y seguridad aérea:

Artículo 51. Modificación de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.

La Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea, queda modificada de la siguiente manera:

El artículo once:

Definición de aeronave:

- a) Toda construcción apta para el transporte de personas o cosas capaz de moverse en la atmósfera a merced a las reacciones del aire, sea o no más ligera que éste y tenga o no órganos moto-propulsores.
- b) Cualquier máquina pilotada por control remoto que pueda sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.»



El artículo ciento cincuenta queda redactado de la siguiente manera:

Artículo ciento cincuenta.

1. Las aeronaves de transporte privado de Empresas, las de Escuelas de Aviación, las dedicadas a trabajos técnicos o científicos y las de turismo y las deportivas, quedarán sujetas a esta Ley.

- Primera. No podrán realizar ningún servicio público de transporte aéreo de personas o de cosas.
- Segunda. Podrán utilizar terrenos diferentes de los aeródromos oficialmente abiertos al tráfico, previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto:

Cualesquiera que sean las finalidades a las que se destinen al no ser que sean utilizadas solo con fines recreativos o deportivos;

- Quedarán sujetas a esta Ley, en cuanto les sean aplicables.
- Estas aeronaves no estarán obligadas a utilizar zonas aeroportuarias autorizadas, al no ser que así se determine en su normativa específica.

El párrafo primero del artículo ciento cincuenta y uno queda de la siguiente manera:

Las actividades aéreas quitando a las de turismo y las deportivas, necesitarán de la comunicación previa a la AESA o su autorización.

En los casos en que la naturaleza de estas operaciones, el entorno o circunstancias en las que se realizan supongan riesgos especiales para cualquiera de ellos estarán sometidas a su inspección.



### 3.2 NORMATIVA DE IMPLANTACIÓN DE RPAS

El siguiente índice es para la implantación de UAVS/RPAS en el mundo civil, una guía que permite un acceso más rápido a información de normativas que nos puede interesar.

- 1) Ley 18/2014
- 2) Ley 48/1960 Navegación aérea Art.1
- 3) Ley Orgánica 4/2015 Protección de la seguridad ciudadana Art. 2/25/35
- 4) Ley 48/1960 Navegación aérea Art. 126
- 5) RD. 37/2001 Cuantía de indemnización para MTOM < 25 kg.
- 6) RD. legislativo 6/2004 Ley de ordenación y supervisión de los seguros privados Art. 3 /5/6
- 7) Ley 30/1992 Régimen jurídico de las administraciones Publicas y del Procedimiento Administrativo Común Art 71 bis.





## **CAPÍTULO 4: ESTADO DEL ARTE**

## 4.1 SITUACIÓN OFFSHORE

Una estructura offshore es una estructura situada en el mar y que por tanto se encuentra sometida a la acción del oleaje, y a otros fenómenos atmosféricos además de a unas condiciones meteorológicas adversas.

Esto provoca que las empresas que se dediquen a estos campos, se empeñen cada vez más en el diseño de estas estructuras para que aguanten o resistan mejor estas condiciones atmosféricas y se produzcan menos daños y sobretodo que el mantenimiento sea más económico ya que la principal causa de fallos que se producen son debidos a estos fenómenos medioambientales.

### **Ilustración 33: Estructura Offshore.**



Fuente: Phillipp Alexander Fernández Sels.

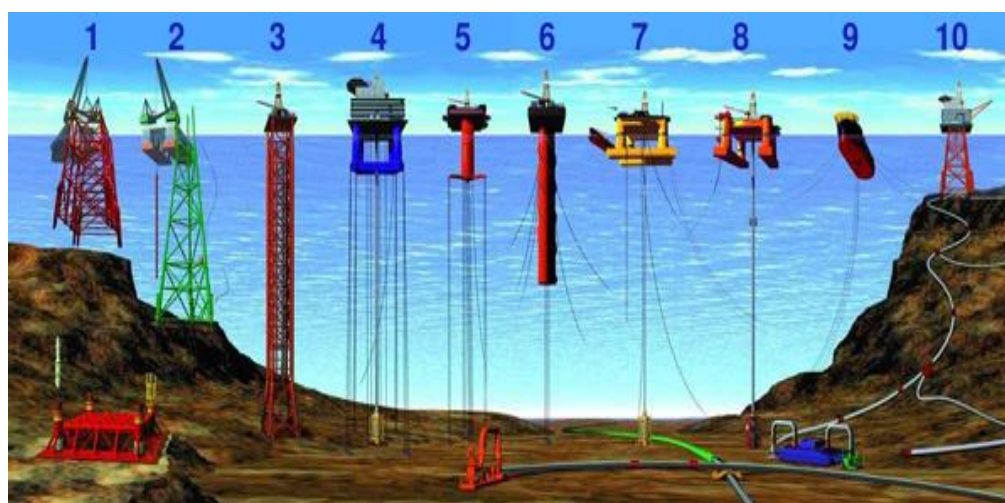
Estas estructuras se caracterizan por ser o fijas a los fondos marinos o flotantes. La principal finalidad con la que fueron diseñadas en un principio fue la explotación de yacimientos y producción de gas o petróleo.

Pero también han ido apareciendo otras funciones como la energía mareomotriz, eólica aerpuertos, base de edificios, puentes, etc. Hay que tener en cuenta que todas estas estructuras, están en contacto con el mar y sufren un desgaste mayor que el que sufren las estructuras en tierra y las fuerzas que han de soportar son mayores por lo tanto necesitan de un mantenimiento más exhaustivo.

Para todas estas funciones de estructuras en el mar se pueden aplicar los siguientes tipos de diseño y construcción.

Fijas o Flotantes:

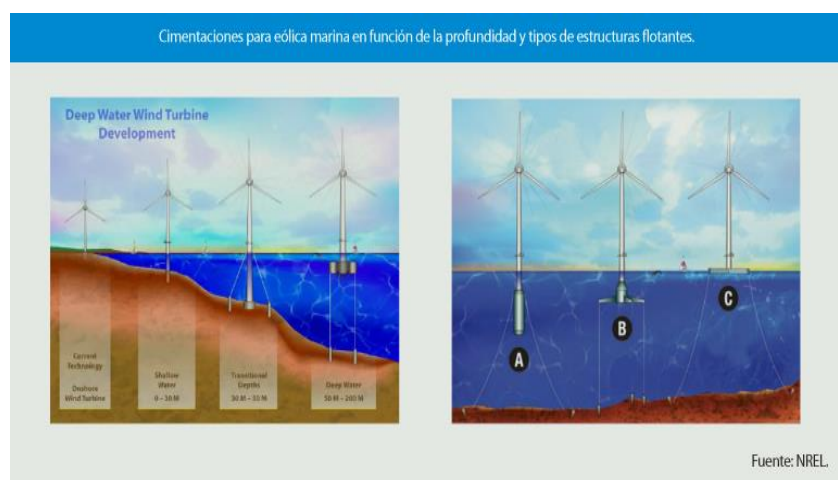
### Ilustración 34: Tipos de estructuras.



Fuente: <http://oceanexplorer.noaa.gov>

En el caso de los campos eólicos también se utiliza el mismo tipo de construcción fija o flotante dependiendo de la profundidad de la que se disponga a la hora de construir un parque eólico en el mar.

### Ilustración 35: Estructuras de aerogeneradores.



Fuente: <http://www.scoop.it>

## 4.2 MEDIO Y METEOROLOGÍA

El tiempo juega un papel fundamental para la industria offshore, no sólo ya por temas de mantenimiento o fallos en las estructuras en general, que la mayoría son a causa de la meteorología, sino también por poder realizarse los trabajos en alta mar para las que están concebidas estas estructuras, ya que muchas tareas han de paralizarse en cuanto las condiciones empeoran provocando pérdidas de eficiencia y grandes pérdidas económicas.

Eso sin nombrar los ámbitos de la seguridad, ya que son zonas de trabajo húmedas donde el riesgo del factor humano se multiplica. Son muchas las vidas que se pierden a lo largo del año en este tipo de trabajos.

### **Ilustración 36: Condiciones meteorológicas adversas.**



Fuente: [www.newsmaritime.com](http://www.newsmaritime.com)

El clima influye en todo tanto en el mar como en tierra; eficiencia, seguridad, tiempo, mantenimiento, logística asociada, abastecimientos, seguridad ambiental, salvamento y hasta de los resultados económicos, pero se puede decir que dónde más influye es en el mar.

Más aun teniendo en cuenta que el clima y el estado del mar, en alta mar es difícil de predecir, y más desde tierra. Aun habiendo estaciones de medición de parámetros atmosféricos para la predicción meteorológica, como por ejemplo boyas, barcos y demás no se pueden cubrir todas las regiones del océano.

La seguridad, seguridad ambiental y la reducción de los costes de operación dependen directamente de la climatología.



Las industrias de exploración y explotación offshore en general dependen de la información así como de las previsiones del viento, olas y del estado de la mar.

Tanto las medias del viento como las medias de las olas que son datos que se recogen a lo largo de los años y se van aplicando estadísticas estacionales.

Esto ayuda a planificar cual es el mejor momento para llevar a cabo estas actividades en alta mar. Esta información también es útil para las operaciones que tienen lugar en un lugar y tiempo determinados para asegurar que estas se puedan llevar a cabo con éxito.

Por poner un ejemplo las operaciones de izado con grúa de partes pesadas en alta mar no se pueden realizar vientos fuertes. Dependiendo también siempre de como sea la pieza que se vaya a izar.

En el caso de las aspas de los molinos eólicos, en el mar del norte con más de 15-20 nudos de viento se paralizaban estas operaciones.

Otro ejemplo es el de las operaciones de colocación de tuberías en alta mar sólo pueden llevar a cabo de forma segura en condiciones en las que la altura de ola significativa sea menor de tres metros.

Hoy en día han evolucionado mucho los sistemas de predicción meteorológicos. Pero aun así es un medio poco predecible, en el que toda una industria depende de las condiciones meteorológicas para llevar a cabo cualquiera de las tareas que se realizan hoy en día en el sector offshore y dónde la seguridad de los operarios está también en juego.



#### 4.2.1 SEGURIDAD

Cada vez se le da más importancia a causa de los costes humanos, ambientales y económicos de los accidentes que se producen en alta mar.

A causa de los muchos accidentes que se han producido en los últimos años, la Unión Europea está tomando medidas para poder regular estas actividades como son la producción de petróleo y gas en alta mar así como de la industria offshore en general para todos los Estados de la Unión Europea que participan en ella.

Es más, en la novena Cumbre Anual de Seguridad del Marino que se ha producido en California en marzo de este año estuvo previsto que se reunieran expertos de la industria de toda la UE en HSEQ en alta mar, para compartir sus experiencias, casos o situaciones vividas, así como para ponerse al día sobre las últimas regulaciones, leyes, y como mejorar las prácticas que pueden ayudar a alcanzar una cultura de 'cero accidentes' en todo el ámbito offshore.

#### **Ilustración 37: Accidente Marítimo.**



Fuente: [www.ansa.it](http://www.ansa.it)



#### 4.2.2 CONDICIONES DE TRABAJO

Hemos hablado del factor meteorológico, pero hay que mencionar también como es el trabajo en alta mar y bajo qué condiciones se realiza.

Como hemos mencionado antes, las estructuras en alta mar se encuentran en un ambiente hostil además de eso hay que mencionar que el principal problema de estas estructuras es la accesibilidad.

Ya sea por mal tiempo o no, el hacer llegar el personal a estas instalaciones ya sea para quedarse ahí o simplemente supervisar es muy complicado y pone en riesgo su integridad física.

Una acción sencilla en tierra que se complica mucho en alta mar. No solo riesgos humanos sino también económicos ya que influye mucho en la eficiencia y eficacia del trabajo a la hora de programar y planificar operaciones.

Hay varias formas de realizar el traslado del personal, entre ellas, se pueden realizar mediante grúa, barcos de apoyo o helicópteros.

La primera, a través de una grúa es un método seguro pero que se complica mucho cuando hay viento pudiendo provocar movimientos muy violentos de la cesta que transporta al personal además de venir acompañado de oleaje que produce movimientos fuertes en los barcos de apoyo.

#### **Ilustración 38: Traslado de Personal.**



Fuente: Phillipp Alexander Fernández Sels.

La segunda sería con barco de apoyo, hoy en día se trata de embarcaciones rápidas más pequeñas destinadas sólo al transporte de personal entre tierra y estaciones en alta mar. Es un método bastante seguro aunque con mala mar los riesgos aumentan considerablemente, ya que estas embarcaciones se apoyan contra la estructura dando avance mientras el personal embarca o desembarca.

#### **Ilustración 39: Embarcación relevos de Personal.**



Fuente: [www.vadebarcos.com](http://www.vadebarcos.com)

El último método sería en helicóptero aunque es el más caro, se utiliza en aerogeneradores y para el relevo de tripulaciones. En casos de viento fuerte no se pueden utilizar o se complican bastante estas operaciones.

#### **Ilustración 40: Traslado en Helicóptero.**



Fuente: [www.offshorewind.biz](http://www.offshorewind.biz)



En el caso supervisión de estructuras, se realiza con personal de tierra normalmente con escaladores para subir a las zonas elevadas.

Siendo también muy arriesgado no solo el transporte del mismo personal sino también las operaciones que realizan en las estructuras incrementando mucho los riesgos.

#### **Ilustración 41: Escaladores.**



Fuente: [www.offshorewind.biz](http://www.offshorewind.biz)

Otro ejemplo de supervisión de estructura en alta mar, cabe destacar a las alturas a las que se trabaja. En esta imagen podemos ver a un escalador ascendiendo al generador del eólico para realizar una inspección.

Esta operación además de peligrosa es lenta, ya que para supervisar aerogenerador por aerogenerador se tarda mucho tiempo. Eso sin contar que con condiciones meteorológicas adversas se complica este tipo de operaciones o incluso se suspenden ya que se pone en riesgo el personal.

Eso sin contar que este tipo de trabajadores se traen de tierra a diario, ya que no hay suficientes alojamientos para ellos además de no poder trabajar de noche.

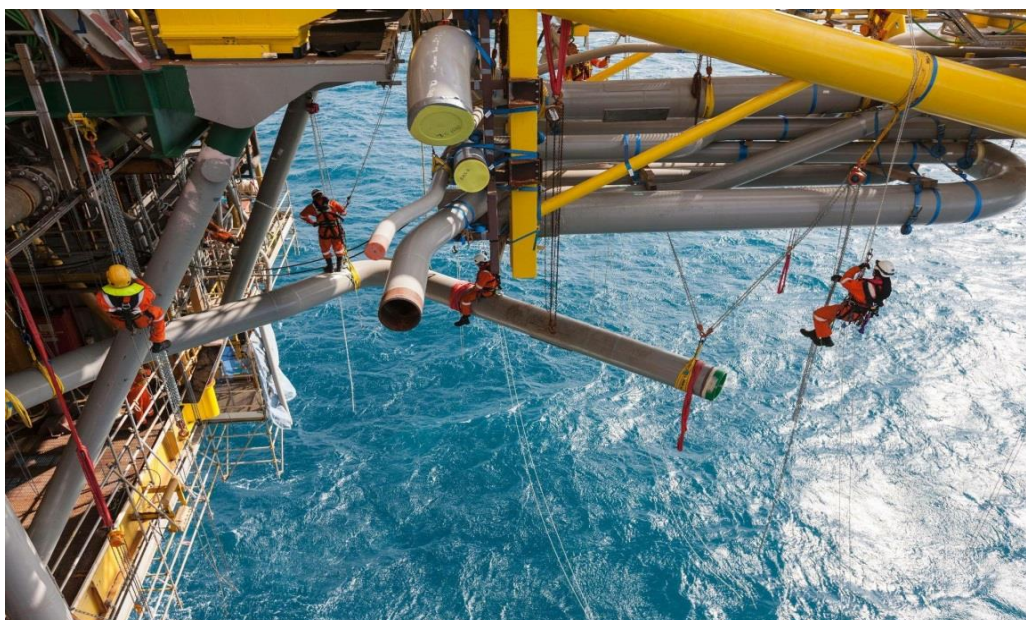


**Ilustración 42: Inspección aerogenerador.**



Fuente: [www.offshorewindbiz.com](http://www.offshorewindbiz.com)

**Ilustración 43: Mantenimiento.**



Fuente: [www.offshorewindbiz.com](http://www.offshorewindbiz.com)



## **CAPÍTULO 5: MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS.**



## INTRODUCCIÓN

Mantenimiento es la conservación de la maquinaria para a su vez hacerla más eficiente y sobre todo y lo más importante, para de tenerla siempre disponible cuando se necesite.

Hoy en día, el mantenimiento ocupa un lugar importante a la hora de mejorar la productividad en las empresas, ya que influye en los resultados de la misma.

Es un área que ha mejorado muchísimo en los últimos años. Y no sólo ha cambiado esta área sino que la gente que se dedica al mantenimiento ha pasado de ser simples operarios a ser especialistas en la materia.

Actualmente el mantenimiento industrial tiene cada vez más importancia y se ha convertido en algo tan básico que no solo involucra al personal de mantenimiento sino también a toda la estructura interna que forman las empresas.





## 5.1 CONCEPTO DE MANTENIMIENTO Y TIPOS

El Mantenimiento se puede definir como la actividad humana que intenta mantener la calidad del servicio de las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas.

Se pueden clasificar en dos tipos; **correctivo** si las actividades son necesarias o si se ha perdido calidad en el servicio y **preventivo** si se realizan para evitar que disminuya la calidad de servicio.

### TIPOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento se puede dividir en:

- **Mantenimiento Correctivo;**

Es la actividad que realiza el ser humano en los recursos físicos o maquinaria, cuando a causa de un fallo han dejado de prestar la calidad del servicio que se necesita o exige.

El mantenimiento correctivo lo podemos subdividir en:

- a) **El correctivo contingente.** Se centra en las actividades que se hacen de forma inmediata a la hora de detectar un fallo.
- b) **El correctivo programable.** Se basa en actividades que se realizan en aquellas máquinas que aún no lo necesitan, pero se hacen con anterioridad para un funcionamiento óptimo.

- **Mantenimiento Preventivo;**

Es la actividad que se realiza en la maquinaria, para garantizar que la calidad de servicio siga dentro de unos márgenes establecidos.

Este tipo de mantenimiento es programable y se puede dividir en:

- a) **Predictivo.** Es un diagnóstico constante que permite localizar con anterioridad el fallo del que se vaya a generar en la máquina.
- b) **Periódico.** Se lleva a cabo periódicamente con el fin de hacer el mantenimiento adecuado después de determinadas horas de funcionamiento de la maquinaria. En este tipo de mantenimiento se suelen hacer revisiones y se cambian piezas o partes de la maquinaria por desgaste.



**c) Analítico.** Es un análisis de la información que se obtiene de las máquinas y por medio de inspecciones.

**d) Progresivo.** Se basa en un mantenimiento por partes y se realiza en la máquina dependiendo de las partes en funcionamiento de la misma.

**e) Técnico.** Es una combinación del mantenimiento periódico y del progresivo.

## 5.2 MANTENIMIENTO HOY EN DÍA EN OFFSHORE

El mantenimiento hoy en día en estructuras en alta mar es mucho más caro y complejo que en las estructuras en tierra.

El principal motivo es que se trabaja en condiciones adversas, dónde influye mucho la climatología.

El acceso a ellas es otro inconveniente, por ejemplo en casos de temporal es difícil llegar a las estructuras y las condiciones climatológicas pueden impedir las reparaciones.

Es por eso que hoy en día se investiga mucho y se intenta mejorar en el tema de fallos de las instalaciones para evitar todos los que sean posibles ya que el simple hecho de intervenir para repararlas se complica debido a todos estos factores.

El otro factor limitante es la profundidad y distancia a la que se encuentran, a diferencia de las estructuras en tierra y aunque se ha avanzado mucho en este campo, el hecho de que las instalaciones se encuentren a largas distancias de la costa complica mucho el mantenimiento de las mismas.

Otro inconveniente son las cargas a soportar de las instalaciones, cargas como por ejemplo;

- El peso muerto de las estructuras.
- El peso de carga que soportan las mismas.
- La carga del viento y las corrientes además de las olas.
- En algunos casos las cargas de los aterrizajes de helicópteros.
- Soportes de grúas y cargas de izado de las mismas.
- Vibraciones.
- La resistencia a los terremotos.
- Cargas como las que produce el hielo en zonas frías o de invierno etc.



-Otro inconveniente muy importante es la corrosión de los componentes, pero con las tecnologías que se usan hoy en día se están obteniendo buenos resultados.

Todos estos factores son los que hay que controlar de las estructuras en alta mar para evitar fallos además de prevenirlos y asegurar un buen funcionamiento de las instalaciones además de evitar riesgos innecesarios y evitar pérdidas económicas y humanas.

### **5.3 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO HOY EN DÍA EN OFFSHORE**

#### **Los detectores de fugas:**

Se usan hoy en día para la detección de fugas en tanques, tuberías y otras instalaciones en alta mar.

Es una forma muy eficaz para la detección y localización de fallos en la estructura sobretodo en plataformas destinadas al sector petrolífero aunque se utilizan en muchas otras.

#### **Las cámaras térmicas:**

Es un sistema muy usado actualmente para el mantenimiento preventivo.

Se utilizan tanto en tierra como en alta mar como una herramienta de mantenimiento preventivo. Este tipo de cámaras funciona por infrarrojos y permiten localizar anomalías a través de su óptica espectral de infrarrojos.

Este tipo de ópticas permite utilizar diferentes tipos de espectros para la detección de fallos en las estructuras como por ejemplo; corrosiones, control de temperaturas, control de las instalaciones eléctricas, fugas de agua o cualquier otro tipo de fluido o gas, pudiendo inspeccionar las instalaciones con mucha mayor rapidez y mayor seguridad.

#### **La tecnología ACFM (Alternating Current Field Measurement):**

Es una técnica que se basa en el electromagnetismo y se utiliza para detectar roturas y defectos en la superficie de metales. Ya que habiendo conductividad o no entre dos puntos se pueden detectar fallos en las estructuras.

Esta tecnología es imprescindible para inspeccionar las plataformas en alta mar y muchos otros elementos metálicos usados en la industria offshore además de todo tipo de estructuras y equipos submarinos.



### **La Radiografía digital:**

Es otro de los sistemas más recientes. El grupo BP por ejemplo está trabajando para implementar la radiografía digital, para aplicarla en el medio submarino.

Funciona igual que la radiografía que se utiliza hoy en día en el campo de la medicina y sirve para detectar anomalías en las estructuras o posibles y futuros fallos.

### **La Simulación 3D en el análisis de los riesgos cuantitativos:**

Es una herramienta que se ha empezado a utilizar para analizar los riesgos que tienen que ver en las estructuras en alta mar en un entorno como es el marino y las condiciones que lo envuelven. Esto hace que se puedan prever fallos en las estructuras así como estudiar donde reforzar las mismas pudiéndose adelantar a los acontecimientos.

### **El software “safety offshore”:**

Producido por Det Norske Veritas (DNV).

Este software usa la *dinámica de fluidos computacional* (CFD) con el que se consigue saber las zonas de riesgo de las estructuras en alta mar para mejorar la protección contra los incendios, escapes, explosiones y otras medidas como las de evacuación.

Estas técnicas utilizadas y otras más recientes que se utilizan en la supervisión de infraestructuras en alta mar son una prueba de que la industria petrolífera y offshore en general comienza a evolucionar hacia la era digital y a apostar por métodos más seguros sobre todo para el personal además de adelantarse a futuros fallos para hacer esta industria más eficiente.



## **CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE MEJORA DE LA SUPERVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS OFFSHORE MEDIANTE EL USO DE RPAS Y CÁMARAS TERMOGRÁFICAS.**



## 6.1 NUEVA ALTERNATIVA RPA

Los RPAS son una gran ventaja en campos como la inspección y la observación, ya que pueden desplazarse de forma rápida sobre cualquier tipo de terreno y evitar cualquier obstáculo.

Pudiendo ofrecer imágenes desde el aire además de otros tipos de informaciones ya que se le pueden instalar todo tipo de cámaras.

En el siguiente apartado introduciremos un nuevo punto de vista del mantenimiento de estructuras en alta mar mediante la implantación de un RPA con cámara termográfica.

Además veremos cómo es posible con el uso de este tipo de vehículos facilitar el proceso del mantenimiento en instalaciones offshore y para la supervisión de estructuras e instalaciones en alta mar así como realizar un seguimiento de las mismas.

Y no solo supervisar sino también detectar problemas de corrosión o daños estructurales e incluso futuros fallos. Esto es posible hoy en día gracias a las ópticas espectrales de infrarrojos que proporcionan las cámaras termo-gráficas.

Esto disminuiría entre otros el tiempo de inspección de las instalaciones además de evitar riesgos innecesarios. Sobre todo para los operarios que se dedican a estas tareas ya que se podría realizar a distancia, y haría de esta industria una industria mucho más eficiente y segura.



Para este proyecto en nuestro caso utilizaremos un modelo muy comercializado, se trata del del RPA Phantom.

**Ilustración 44: RPA Phantom.**



Fuente: [www.dji.com](http://www.dji.com)

**Ilustración 45: Ficha técnica.**

<b>A e r o n a v e</b>	Peso con Batería	Sensibilidad de planeo	Máxima Velocidad de giro horizontal	Ángulo máx de inclinació
	1000gr	Vertical: 0,8 m Horizontal: 2,5 m	200°/s	35°
	Máxima Velocidad de ascenso y descenso	Máxima velocidad de vuelo	Máxima longitud	
	6 m/s	10m/s	350mm	
	Tiempo de vuelo	Máximo peso de despegue	Temperatura de trabajo	
	25min	1,3kg	-5°C a 50°C	
<b>tería</b>	Batería	Peso de la Batería	Corriente de carga	
	5200mAh Lipo	340gr	4A	
<b>ando</b>	Frecuencia de operación	Distancia de comunicación	Sensibilidad del receptor (1%PER)	
	2,4GHz ISM	1000m	-97dBm	
	Batería	Consumo de potencia		
	4 Baterías AA	100mA - 6V		

Fuente: [www.dji.com](http://www.dji.com)

## 6.2 EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE RPAS

Aquí podemos ver en los casos en los que ya se utilizan este tipo de vehículos en el ámbito civil.

### **Búsqueda de personas desaparecidas**

Pueden buscar personas desaparecidas en lugares abiertos o de difícil acceso como zonas montañosas así como también en el mar.

El reducido tamaño de estos RPAS, permite tenerlos siempre disponibles en cualquier tipo de estación, reduciendo considerablemente el tiempo de búsqueda.

El bajo coste de estos drones comparados con el coste de un helicóptero tradicional hace que resulten perfectos para este tipo de tareas.

Ejemplo de fotografía de búsqueda y rescate:

**Ilustración 46: Búsqueda y rescate.**



Fuente: [www.elcomercio.es](http://www.elcomercio.es)



### **Fotografía Aérea:**

Este tipo de vehículos son perfectos para cualquier tipo de aplicación que necesite captar imágenes desde el aire.

El uso de RPAS ofrece ventajas en este campo, como por ejemplo la posibilidad de vuelo a bajas velocidades y alturas y obtención de mapas 3D.

Ejemplo de fotografía aérea;

#### **Ilustración 47: Fotografía aérea.**



Fuente: [www.dronplanet.com](http://www.dronplanet.com)

### **Prevención y control de incendios**

Los RPAS permiten la supervisión de incendios o focos de incendio. Este tipo de vehículos no tripulados permiten supervisar zonas extensas en poco tiempo y sobretodo y lo más importante, no poner en riesgo vidas humanas.

Esto permite observar cómo se comportan y atacarlos de una forma más efectiva además de obtener imágenes en directo y poder evaluarlas por un equipo y coordinar el efectivo para atacar el incendio.

También hay que mencionar que el vuelo de un vehículo de este tipo es mucho más económico que el de un vehículo tradicional como el de un helicóptero o un avión, además de ocupar poco espacio pudiendo estar disponible en cualquier momento.

Ejemplo de fotografía aérea de un incendio:

**Ilustración 48: Fotografía aérea de un incendio.**



Fuente: [www.laprovincia.es](http://www.laprovincia.es)

**Otras posibles aplicaciones de los RPAS:**

*Medio Ambiente:* Medición de los índices de contaminación, control y seguimiento de vertidos etc.

*Agricultura:* Fumigación, monitorización del estado de los cultivos, control de regadíos etc.

*Geología:* Realización de mapas geológicos, control de explotaciones mineras, etc.

*Construcción e inspecciones:* Inspección de obras desde el aire.

*Control de masas:* Manifestaciones, conciertos, etc.

*Movilidad y Tráfico:* Situación del tráfico y accidentes.





Una de las primeras aplicaciones en el sector industrial de los drones ha sido en el campo de los hidrocarburos.

Ya que son estructuras extensas como pueden ser tuberías o conductos de gas y así se consigue prevenir fallos en las mismas que pueden ocasionar contaminación y grandes pérdidas económicas además de evitarle riesgos al personal.

Un ejemplo sería la petrolera BP, que ha sido autorizada por la aviación federal de los Estados Unidos para utilizar drones con el fin de vigilar sus campos de petróleo de Alaska.

Y otro caso es el de la empresa de Cyberhawk, pionera en hacer inspecciones aéreas de este tipo de instalaciones:

Ejemplo de inspección desde el aire en la industria Petrolífera:

**Ilustración 49: Inspección aérea.**



Fuente: [www.houstonchronicle.com](http://www.houstonchronicle.com)



### 6.3 PROYECTO RPA/THERMO OFFSHORE

La industria de la inspección engloba todo tipo de servicios de mantenimiento y supervisión de cualquier tipo de infraestructura.

Con un RPA equipado con sensores visuales o térmicos se podrían generar informes automatizados con información que podrían sacar a la luz fallos y así poderse actuar en consecuencia.

Estos informes permitirían a los equipos de mantenimiento actuar de forma inmediata y así garantizar una correcta supervisión antes de que se produzca una avería.

Este tipo de vehículos se podría utilizar para todo tipos de estructuras ya fueran estructuras verticales rígidas y lineales tanto en alta mar como en costas.

#### Descripción del proyecto:

Se trataría de la inspección de los elementos de las estructuras ya sea cuales sean las estructuras en alta mar, así como bases estructurales, o en el caso de los campos eólicos de sus generadores y aspas así también como de sus instalaciones eléctricas.

Además con el uso de cámaras termo-gráficas se podrían detectar puntos críticos o daños en las estructuras o instalaciones eléctricas además de prevenir futuros fallos pudiendo actuar en consecuencia.

#### Las ventajas del uso de RPAS para el mantenimiento se podrían resumir en:

- Reducción los costes de las operaciones de mantenimiento.
- Reducción de los riesgos laborales.
- Mejorar la inspección gracias al material visual de las cámaras termográficas.
- Fácil accesibilidad para realizar la inspección.
- Poder realizar un mejor Mantenimiento exhaustivo.

Ejemplo de inspección mediante RPA en una plataforma:

**Ilustración 50: RPA en plataforma petrolífera.**



Fuente: [www.unmannedaerial.com](http://www.unmannedaerial.com)

Su introducción es perfecta para estructuras de difícil acceso. El RPA probablemente con todas las ventajas que proporciona, sea la mejor herramienta de inspección de estructuras en alta mar en un futuro muy cercano.

A través de este tipo de vehículos se pueden realizar inspecciones con menor riesgo ya que las inspecciones se pueden realizar a grandes distancias sin poner en riesgo a ningún operario.

Los RPAS pueden utilizarse cuando los ingenieros no pueden inspeccionar las estructuras offshore a causa de los problemas de seguridad que se originan en alta mar, sobre todo debido a las condiciones meteorológicas en las que se encuentran.

Esto hará probablemente que las inspecciones con RPAS replacen en poco tiempo métodos de inspección tradicionales.

Este tipo de Vehículos se están utilizando ya para realizar inspecciones en estructuras como por ejemplo torres de telecomunicaciones, tendidos de cableado eléctrico, plumas, etc.

ENDESA, es un claro ejemplo ya que realiza la supervisión en España del tendido del cableado eléctrico mediante RPAS.





Los RPAS son efectivos en el campo de la inspección y lo más importante, incluso en condiciones meteorológicas adversas como son por ejemplo, fuertes vientos y grandes altitudes.

Esto es otra de las principales ventajas por las que hace de este tipo de vehículos perfectos para la supervisión de estructuras en alta mar, ya que en muchas ocasiones estas inspecciones no se pueden llevar a cabo por estos motivos.

**Ilustración 51: Traslado de personal.**



Fuente: [www.offshorewind.biz](http://www.offshorewind.biz)

**Ilustración 52: Inspección a gran altura.**



Fuente: [www.offshorewind.biz](http://www.offshorewind.biz)

### Ilustración 53: Escaladores inspeccionando un aerogenerador.



Fuente: [www.offshorewind.biz](http://www.offshorewind.biz)

Otra de las ventajas es que se pueden obtener fotografías y vídeos en alta definición.

Esto quiere decir que se podrían obtener fotografías y videos de alta definición de los daños, la corrosión o el óxido de las estructuras para fines de mantenimiento y reparación sin tener que apagar los sistemas o instalaciones.

También se podría utilizar este tipo de vehículos para recoger datos o realizar inspecciones para certificación de cualquier tipo de estructura para sociedades clasificadoras.

Y en el caso de Instalar una cámara termo-gráfica se pueden obtener aún mejores resultados en el campo del mantenimiento para las detecciones que no son visibles al ojo humano.

Incluso predecir futuros daños estructurales y así poder realizar un perfecto mantenimiento predictivo. Ya que eso es una ventaja que ofrece el uso de este tipo de cámaras termográficas instaladas en un Dron.

Pudiéndonos adelantar a los acontecimientos e incluso averiguar dónde hay partes o piezas del sistema que fallan y que a la larga pueden generar otros daños más severos.

## 6.4 APLICACIONES TERMOGRÁFICAS ACTUALES

### Concepto de cámara termo-gráfica y sus funciones:

La termografía de infrarrojos consiste en transformar una imagen de infrarrojos en una imagen “radiométrica” que permite leer los valores de temperatura.

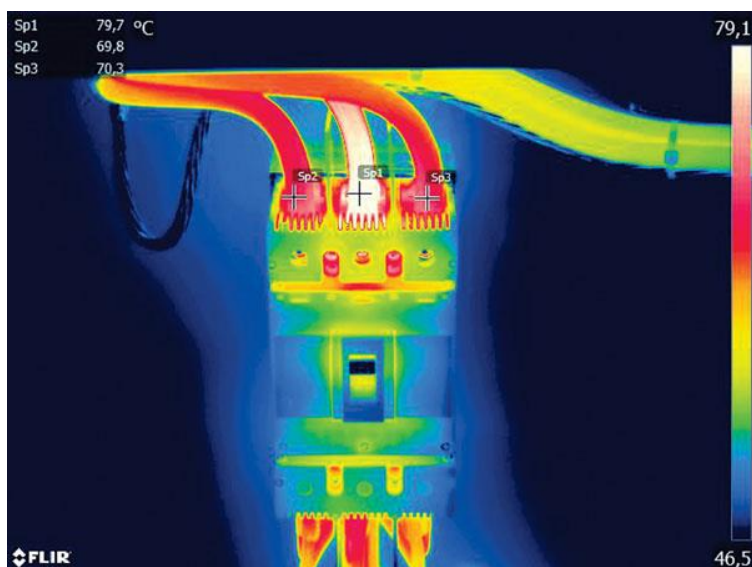
Se puede decir que de cada píxel de la imagen, se puede realizar una medición de la temperatura. Este cambio se realiza a través de un complejo algoritmo matemático en la misma cámara.

Este tipo de ópticas permite utilizar diferentes tipos de espectros para la detección de fallos en las estructuras como por ejemplo; corrosiones, control de temperaturas, control de las instalaciones eléctricas, fugas de agua o cualquier otro tipo de fluido o gas, pudiendo inspeccionar las instalaciones con mucha mayor rapidez y mayor seguridad.

Esto hace que sea una herramienta perfecta para el mantenimiento y hace posible que solo con prever qué componentes están a punto de averiarse, se reducirían exponencialmente los costes además de poder realizarse un mantenimiento mucho más rápido.

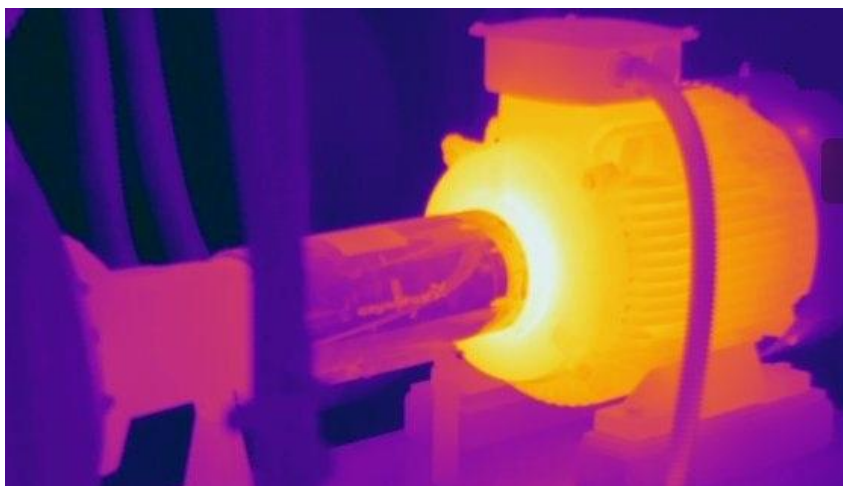
### Ejemplos de detecciones de fallos con cámaras termográficas:

**Ilustración 54: Conexión mal asegurada.**



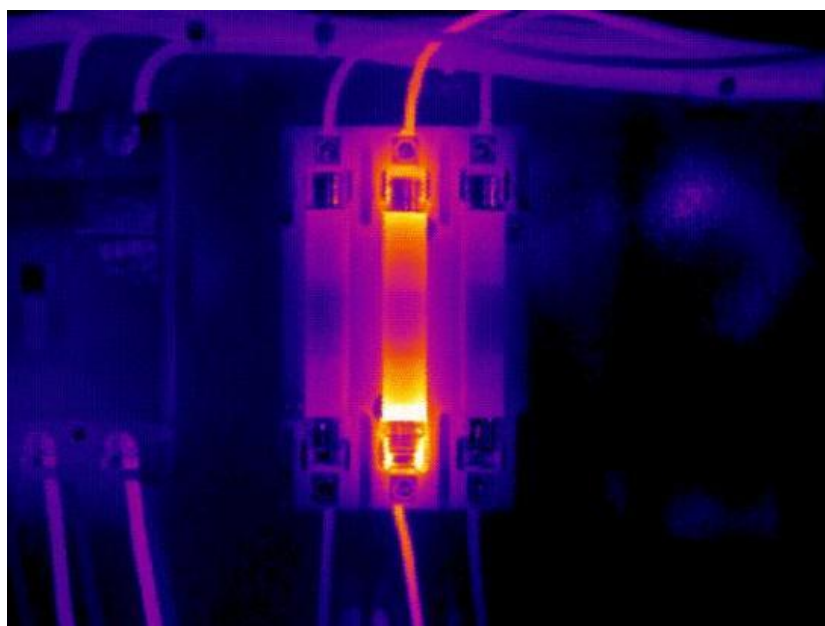
Fuente: [www.constructorelectrico.com](http://www.constructorelectrico.com)

**Ilustración 55: Motor recalentado.**



Fuente: [www.esnow.eu](http://www.esnow.eu)

**Ilustración 56: Daños internos de un fusible.**



Fuente: [www.preditec.com](http://www.preditec.com)



**Ilustración 57: Rodillo sospechoso.**



Fuente: [www.termografiasinlab.com](http://www.termografiasinlab.com)

Las cámaras termográficas en el mantenimiento se emplean en los siguientes campos:

**En los sistemas eléctricos:**

Se suelen utilizar para inspecciones de componentes de todos los tipos.

En instalaciones de alta tensión, se utilizan para detectar variaciones en la temperatura del normal funcionamiento de las máquinas eléctricas o cableados ya que una mayor resistencia produce un aumento del calor.

Ejemplos de fallos en instalaciones que se pueden detectar con termografía:

- Oxidación de interruptores de alta tensión
- Conexiones recalentadas
- Conexiones mal aseguradas
- Defectos de aislamiento



### **Instalaciones mecánicas:**

Cuando los componentes mecánicos se desgastan disipan de calor. Es decir, los equipos defectuosos aumentan rápidamente de temperatura antes de averiarse.

Ejemplos de averías mecánicas que se pueden detectar con la termografía:

- Baja lubricación.
- Problemas de alineación.
- Motores recalentados.
- Rodillos sospechosos.
- Bombas sobrecargadas.

### **La termografía en conductos, tuberías y válvulas:**

Las pérdidas de calor por un aislamiento defectuoso se detectan con mucha facilidad. Esto permite reparar rápidamente el aislamiento y evitar importantes pérdidas de energía u otros daños.

Ejemplos de averías en tuberías que se pueden detectar con la termografía:

- Fugas en bombas, tuberías y válvulas.
- Averías del aislamiento.
- Obstrucciones en tuberías.

### **Instalaciones petroquímicas y tuberías refractarias:**

Como son por ejemplo, las tuberías de los hornos, calderas, estufas, incineradoras... Se puede detectar rápidamente el material dañado y su consecuente pérdida de calor.

La detección de llamas por ejemplo, que a veces son invisibles al ojo humano en procesos de producción en los que se generan gases y en los que si no arden podrían liberarse y dañar la atmósfera se pueden controlar mediante estas cámaras.

Las termografías también se pueden utilizar para detectar niveles en depósitos.

## 6.5 TIPOS DE CÁMARA TERMOGRÁFICA Y ELECCIÓN DE MODELO

### 6.5.1 MODELO LWIR

Las cámaras infrarrojas termo-gráficas de onda larga sin refrigeración desarrolladas por ingenieros de (LWIR) se usan para detectar y medir radiaciones térmicas emitidas por cualquier objeto.

**Ilustración 58: Modelo de cámara LWIR.**



Fuente: [www.flir.com](http://www.flir.com)

Son muy ligeras y reducidas en tamaño, esto hace que se pueden utilizar entre otras cosas para inspeccionar zonas de difícil acceso, así como por ejemplo, controlar los regadíos, realizar tareas de búsqueda en rescates, además de imágenes térmicas desde vehículos no tripulados, instrumentos de lucha contra incendios etc.



### 6.5.2 CÁMARA ESPECTRAL MWIR

Este tipo de cámaras emplean una proyección de imagen hyper-espectral térmica que se utiliza para analizar información que no puede lograrse por según qué regiones espectrales.

Esto hace que se pueda analizar una gama más amplia de materiales, clasificada en este tipo de regiones espectrales.

Este tipo de cámara está diseñada para aplicaciones industriales. El objetivo de esta es analizar temperaturas superiores usando la refracción y reflexión.

**Ilustración 59: Cámara termográfica MWIR.**



Fuente: [www.flir.com](http://www.flir.com)

### 6.5.3 CAMARA SWIR DE TOPOGRAFIA

Es una cámara infrarroja de onda corta y su aplicación más importante es el campo de la aviación militar.

La ventaja de este tipo de proyección SWIR es su bajo consumo de energía. Utiliza tecnología termoeléctrica con enfriador con la que proporciona imágenes muy buenas en condiciones de poca luz.

**Ilustración 60: Cámara SWIR.**



Fuente: [www.flir.com](http://www.flir.com)



## 6.6 ELECCIÓN DEL TIPO DE CAMARA TERMO GRÁFICA

En nuestro caso, para la supervisión de infraestructuras offshore, debido a su peso ligero y bajo consumo además de un amplio abanico de aplicaciones en el mundo industrial elegiríamos la cámara LWIR.

LWIR, en inglés Long-wavelength infrared, que es lo mismo que decir cámaras termográficas de onda larga.

Estas nos sirven para capturar la radiación térmica de cualquier objeto dentro del campo de visión de la cámara.

Pudiendo aplicar la detección de incrementos de temperatura o temperatura por debajo de los niveles eficientes para la detección de problemas a tiempo y así evitar averías.

En el caso del sector offshore, se podría aplicar en estaciones petrolíferas y molinos eólicos entre otros ya que como hemos mencionado anteriormente los diferentes tipos de detección se pueden realizar a través de mediciones de las temperaturas.

Como por ejemplo fallos de conexión, sobrecalentamientos en las conexiones y cableados, tuberías y sobretodo también de detección también de corrosiones.

Además de ser una cámara pequeña de poco consumo, muy importante esto último a la hora de instalar una cámara en un Dron ya que su fuente de alimentación va a ser el mismo, también es muy importante las ventajas que nos ofrece este tipo de cámaras a la hora de detectar problemas en el sector del mantenimiento.

Esto sin mencionar el ahorro económico y no sólo económico sino en ahorro de tiempo de detección respuesta y simplificar mucho la logística de mantenimiento y reparaciones.



## CAPÍTULO 7: METODOLOGÍA

## INTRODUCCIÓN

Para poder desarrollar este Trabajo Fin de Grado titulado “RPAS PARA LA SUPERVISIÓN DE INFRAESTRUCTURAS OFFSHORE” se va a utilizar una herramienta clave:

El RPA (Remotely Piloted Aircraft) modelo Phantom.

Focalizando su descripción en tres puntos:

- RPA (Remotely Piloted Aircraft).
- La estación de control o mando.
- La plataforma de lanzamiento y recuperación del RPA.

**Ilustración 61: RPA Phantom.**



Fuente: [www.dji.com](http://www.dji.com)



## 7.1 EQUIPO DE TRABAJO

El sistema RPA que se va a implementar en el equipamiento del mantenimiento de las instalaciones o del barco o la estación offshore, consta de 3 elementos fundamentales:

- El RPA que es la aeronave no tripulada.
- La estación base desde la que se controla y monitorea el RPA.
- La plataforma de lanzamiento y de recuperación del equipo.

En este proyecto utilizaremos el modelo RPA Phantom, debido a su funcionalidad, bajo coste y facilidad de manejo.

### CARACTERÍSTICAS DEL RPA PHANTOM

Peso incluyendo baterías y hélices: 1280 g

Anchura diagonal (Incluyendo hélices) 590 mm

Máx. Velocidad de ascensión: 5m/s

Vel. Máxima 16 m/s (sin viento)

Altura máxima por encima del nivel del mar: 6000m

Modo GPS: GPS/GLONAS

Capacidad máx. de memoria: 64 GB.

Estabilización en los 3 ejes de movimiento: (pitch, roll, yaw)

Frecuencia de operación 2.400 GHz-2.483 GHz

Rango de distancia máxima de operación: 2000 metros.

Batería 6000 mAh LiPo 2S

Voltaje de funcionamiento: 1.2 A @7.4 V

Batería inteligente de vuelo.

Tiempo máximo de vuelo aprox. 25 minutos.



Temperatura de funcionamiento: -10°C to 40°C

## 7.2 ESTACIÓN DE CONTROL

La “Control Station” o estación base que incorpora el sistema de RPA Phantom, utiliza un software sencillo, android y se puede operar en condiciones extremas con una distancia máxima de 2000 metros entre la estación de control y el RPA en espacios abiertos.

**Ilustración 62: estación de control RPA Phantom.**



Fuente: [www.dji.com](http://www.dji.com)

Su tamaño reducido y su peso ligero, la hace perfecta para ser colocada y guardada en espacios reducidos, así como un puente de mando, plataforma o cualquier estructura parecida desde las cuales se coordinaría toda la operación.

Básicamente, está compuesta por un ordenador que maneja el equipo, con un monitor del tipo “tablet”.

En esta pantalla se reciben las imágenes en tiempo real gracias a una antena auto-direccional y pueden ser enviadas directamente a otras pantallas lo que facilitaría una mejor inspección.





### 7.3 PLATAFORMA DE LANZAMIENTO Y CONTROL

#### Para poner en vuelo el RPA:

No es necesario más que unos metros cuadrados en los que se puede posar en la superficie ya sea del material que sea y mediante los mandos ponerlo en funcionamiento y despegar de forma vertical.

Si no se dispone de este espacio, otra manera es sujetándolo una tercera persona con la mano y el piloto del RPA a través de los mandos ponerlo en funcionamiento y realizar de la misma manera una ascensión vertical.

Para condiciones adversas o maniobras complicadas se puede programar el vuelo de tal manera que el RPA realice el recorrido predeterminado.

Digo en condiciones adversas por poner un ejemplo, ya que estos dispositivos hoy en día vienen auto equilibrados.

Es decir, contrarrestan ellos mismos las fuerzas externas que actúan sobre ellos haciendo su pilotaje mucho más sencillo.

Por otro lado, la recepción del aparato es igual de sencilla. Se realiza mediante una descensión vertical a la superficie que más nos convenga.

### 7.4 PLAN DE VUELO

El plan de vuelo dependerá de la compañía que se dedique al mantenimiento de las instalaciones offshore.

Tendiendo un plan de mantenimiento del tipo que sea como hemos visto en capítulos anteriores y siguiendo un protocolo de supervisión del fabricante de los generadores, estructuras, cableados etc.

Una vez se conoce la instalación a supervisar, el vuelo del RPA puede ser programado para que lo realice de forma autónoma siguiendo unos WPoints tal y como en navegación se conocen o realizarse de forma controlada a través del piloto.

El aparato iniciará el vuelo y realizará la vuelta de reconocimiento de forma automática hasta finalizar la misma siempre que el vuelo este programado, ya que si se realiza de forma manual el proceso dependerá del operador.



## 7.5 DETECCIÓN DEL PROBLEMA

Las imágenes recogidas y o fotos de las instalaciones supervisadas son almacenadas en la unidad de memoria del RPA para poder ser analizadas más tarde detenidamente.

Aun así se pueden ver las imágenes en directo, pudiendo detectar un problema al mismo tiempo que el RPA realiza el vuelo.

Una vez se detecta el problema o un futuro problema se realizaría el plan de acción que dependería de la empresa que gestiona el mantenimiento de dichas instalaciones offshore.

## 7.6 POST PROCESO EN GABINETE

Una vez las imágenes son recogidas de la unidad de memoria del RPA y transferida a un ordenador, se puede mediante un gabinete de expertos ingenieros en la materia tomar la decisión adecuada en función al problema que se haya detectado.

Aparte de poder analizar las imágenes en una gran pantalla detenidamente pudiendo parar las grabaciones en cualquier momento.

De esta forma se pueden predecir futuros fallos o roturas de una forma mucho más precisa aparte de llevar un mejor mantenimiento y así reducir exponencialmente los costes del mismo.

## 7.7 PLAN DE ACCIÓN

Una vez detectados los fallos o debilidades del sistema y haberlas analizado en gabinete, se pueden también mejorar la toma de decisiones. Ya que analizando las imágenes se puede observar perfectamente donde se encuentran los problemas o fallos del sistema y como llegar a ellos.

Esto permitiría mejorar la eficacia y eficiencia no sólo del mantenimiento sino también de la logística asociada al mismo.

Además de prever de qué herramientas son necesarias a la hora de acceder a las instalaciones para realizar la reparación. Y sobre todo poder gestionar de una forma más eficiente las herramientas disponibles y la accesibilidad a la zona a trabajar.



## **CAPÍTULO 8: COSTES DE LA PROPUESTA.**

## 8.1 LISTA DE UNIDADES MAS FACTOR PERSONA

La lista de unidades consta de:

- RPA Modelo Phantom.
- Estación de control RPA Phantom.
- Técnico operador del RPA.

Las especificaciones de cada elemento anteriormente citado se pueden ver en el capítulo 4 de este Trabajo Fin de Grado.

El operador siempre cumpliendo las especificaciones de la normativa vigente en cuanto a la manipulación y pilotaje de drones del capítulo 1 de este mismo trabajo.

- 1) Ley 18/2014
- 2) Ley 48/1960 Navegación aérea Art.1
- 3) Ley Orgánica 4/2015 Protección de la seguridad ciudadana Art. 2/25/35
- 4) Ley 48/1960 Navegación aérea Art. 126
- 5) RD. 37/2001 Cuantía de indemnización para MTOM < 25 kg.
- 6) RD. Legislativo 6/2004 Ley de ordenación y supervisión de los seguros privados Art. 3 /5/6
- 7) Ley 30/1992 Régimen jurídico de las administraciones Publicas y del Procedimiento Administrativo Común Art 71 bis

**Ilustración 63: Lista de unidades.**



Fuente: [www.dji.com](http://www.dji.com)



## 8.2 COSTE RPA PHANTOM

El precio de un dispositivo RPA, en concreto el modelo “Phantom” planteado en este trabajo fin de grado oscila entre 574€ a 1999.0€.

El precio de este tipo de RPA es bastante asequible y más con las cifras que se manejan en operaciones de mantenimiento de instalaciones en alta mar, además de los beneficios que podría aportar a este campo del mantenimiento en cuanto a eficacia y eficiencia.

Por eso hemos elegido este modelo para plantear una solución viable a los problemas que se pueden presentar en estructuras offshore.

Este RPA, además de tener un fácil manejo y una autonomía de navegación aérea bastante buena con las prestaciones que ofrece y también en cuanto al tipo de cámaras que pueden ser instaladas.

Está claro que en el mercado podemos obtener RPAS mucho más sofisticados, lo que eso ya incrementa exponencialmente el precio. También habría que ver qué tipo de instalaciones hay que inspeccionar, ya que dependiendo de la extensión del mismo, distancias a trabajar y alturas habría que centrarse en otro tipo de modelos más sofisticados de RPAS con un mayor alcance o duración de baterías.

Y para el problema que planteamos según qué aparatos no serían viables en operaciones de mantenimiento debido a su coste. Ya que como en todo, los hay que alcanzan cifras desorbitadas.

### 8.2.1 PRECIO CURSO PILOTO OFICIAL RPAS/UAV

En nuestro caso, en España encontramos numerosas empresas que realizan estos cursos para obtener el título de Piloto Oficial de RPAS/ UAV.

Ya que para pilotar este tipo de vehículos aéreos se debe disponer de titulación y también que esta misma este expedida por un centro autorizado por AESA.

El precio de este curso oscila entre 550€ y 1600€ dependiendo de la empresa con la que se decida hacer este curso y si es presencial o no.

Las condiciones de la Normativa para acceder a esta titulación se pueden ver en el capítulo 4 de este trabajo fin de grado.

Cabe mencionar, la mayoría de edad y carecer de antecedentes penales.



### 8.3 COSTE MANTENIMIENTO RPA

Los costes de mantenimiento de un UAV en general o de un tipo Phantom son bajos.

Entre otras cosas tenemos que tener en cuenta el desgaste de las baterías o algún incidente que podamos tener a la hora de volar o manipularlo en el que tengamos que reparar un aspa de alguna hélice o sustituirla por completo.

Por ejemplo, no se debe volar cuando las tormentas solares sean muy activas, ya que podría producir daños internos en nuestro UAV.

Y en el peor de los casos, lo peor que puede ocurrir es la pérdida del aparato, y más trabajando en mar abierto.

Tener en cuenta siempre la autonomía de vuelo del aparato, aunque está equipado con baterías inteligentes para no quedarnos sin energía en pleno vuelo.

#### 8.3.1 REPARACIONES

Las reparaciones de los drones suelen tipificarse por unidad de trabajo. Una unidad equivale a 15 minutos de trabajo y se cobra a unos 13,5€.

Una sesión de mantenimiento para reponer algún módulo del dron dañado o nuevo son casi 12 unidades.

Sobre el mantenimiento de los drones en general, la norma estipula que se tenga un manual. (*Apéndice G de la documentación que la AESA detalla en su web*).

Se deben hacer revisiones cada 50 horas de vuelo y cada 100 horas de vuelo la revisión del dron debe hacerse por un especialista en la materia.

Todo esto aparte del mantenimiento que toda empresa o persona física que maneja este tipo de vehículos debe realizar.

En los costes de mantenimiento del UAV podríamos añadir también los de la cámara integrada.

Pero en nuestro caso la cámara infrarroja térmica LWIR no necesita mantenimiento, ya que es una cámara no refrigerada para así evitar costes de rellenado de refrigerante y reemplazo juntas.

Es por este motivo que se desarrolló la tecnología de micro bolómetro sin refrigeración.



Por lo tanto el coste de mantenimiento se puede decir que es asumible, ya que consiste en un mantenimiento y revisión de las baterías y o alguna reparación a causa de algún incidente aparte de las que tipifica AESA cada 50 y 100 horas de vuelo.

### 8.3.2 COSTE DE MANO DE OBRA

En este caso, se desconoce la remuneración de un piloto de UAVS/RPAS.

Porque por norma general este servicio lo ofrecen empresas con un paquete integral destinado a las diferentes funciones a las que puede dedicarse un dron.

Aunque los drones en general, y los cópteros en particular, hace tiempo que existen, la drástica reducción de sus costes unida a unas prestaciones cada vez mayores, les han abierto todo un mundo de posibilidades en multitud de sectores y actividades.

Solo en Alemania en el año 2014 se estimaba que a corto plazo se necesitarían más de 70.000 profesionales especializados en torno a esta tecnología, con alta cualificación y remuneración, entre los cuales están los Pilotos de RPAS, siglas que corresponden a Piloto de aeronaves controladas de forma remota.

### 8.3.4 COSTES VARIABLES

Cabe mencionar, que hemos hablado sólo de costes del aparato, mantenimiento y lo que pudiera ser el personal que controla su manejo.

Pero estos costes pueden variar dependiendo de las instalaciones offshore que poseemos y los equipos electrónicos de los que ya disponemos.

En el caso de representar imágenes en una pantalla, ordenadores para analizarlas o envío de imágenes de un dispositivo a otro, además de personal de apoyo o embarcaciones auxiliares y técnicos, el coste de la aplicación de este tipo de vehículos en el campo del mantenimiento puede variar considerablemente.

Suponemos que este tipo de instalaciones a día de hoy con lo sofisticadas que son y lo avanzada que esta esta industria, ya disponen de embarcaciones de apoyo además de personal y técnicos que se dedican a esta materia del mantenimiento además de poseer equipos como son ordenadores además de salas de control y técnicos que coordinan todas las tareas o funciones de los diferentes operarios que trabajan en este sector.





## **CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.**



## CONCLUSIONES

No cabe duda que el mantenimiento desempeña un papel fundamental en la industria ya sea cual sea, más aun en la industria offshore, siendo un factor muy importante en la rentabilidad de las instalaciones en alta mar.

Por lo tanto, para que se pueda desempeñar una labor más eficiente en el mantenimiento es importante considerar y aplicar las nuevas tecnologías disponibles y abrir esta industria a una nueva tecnología.

Además es necesaria también la protección del medio así como garantizar la seguridad del personal que trabaja en este sector y mejorar la protección contra la contaminación. Que mejor manera que haciéndolo con estas nuevas tecnologías tales como los Drones o RPAS, haciendo de esta industria una más eficiente, eficaz y respetuosa con el medio.

Dicho esto, decir que el uso de drones en general sea cual sea el tipo, no sustituye la mano de obra ni otros medios aeronavales, sino que la complementa. Ya que gracias a estas nuevas tecnologías también se abre un nuevo mundo laboral.

En caso de accidentes las consecuencias son mínimas, ya que al manipularse en alta mar en el peor de los casos lo que podría suceder es la pérdida del RPA al precipitarse al mar. También tener en cuenta, que en alta mar los riesgos se minimizan mucho a diferencia de instalaciones en tierra o zonas dónde hay población civil además de no haber una normativa estricta como la que tenemos en tierra acerca de estos vehículos no tripulados y su manejo.

El sistema RPAS como parte del equipo de mantenimiento de infraestructuras en este caso en alta mar, mejora la eficacia y eficiencia del mismo reduciendo en tiempo, costes y riesgos el trabajo a realizar. Mejorando en tiempo la detección de problemas de las instalaciones así como futuras averías pudiendo realizar una mejor evaluación y mantenimiento correctivo de las instalaciones.

También se evitaría o reduciría el uso de las intervenciones de escaladores o personal de tierra para inspeccionar las instalaciones o cualquier otro tipo de intervención humana en condiciones no favorables ya sean meteorológicas o no, evitando riesgos innecesarios.

En las instalaciones offshore en general se persigue que el diseño de una instalación sea lo más autónoma posible debido a los costes y lo dificultoso de las operaciones de mantenimiento en alta mar, esto se solucionaría en parte o se mejoraría mediante el uso de RPAS para el mantenimiento de dichas instalaciones.



De hecho la operación del mantenimiento se debería hacer en régimen de abandono, tele controlada desde un centro de control y operaciones, ideal para realizarse desde un RPA que cumple con todas estas condiciones donde se definirán los diferentes procedimientos a utilizar en las operaciones de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

Con el uso de RPAS se podría conseguir mejoras como por ejemplo:

- Garantizar la vida útil de las instalaciones.
- Maximizar ingresos.
- Minimizar costes.
- Aumentar la Seguridad de las instalaciones y el trabajo que se realiza en ellas.

Otra función como complemento que se le podría asignar a este tipo de vehículos aéreos es la de salvamento.

Ya que en según qué situaciones como por ejemplo la del hombre al agua desde instalaciones offshore, o situaciones de emergencia similares se podrían utilizar para hacer un seguimiento del mismo y o participar en la búsqueda y rescate del mismo o en operaciones de abandono.

Para concluir solo quiero destacar la importancia de cumplir y mejorar el mantenimiento en instalaciones en alta mar además de económicamente mejorar la seguridad del personal, las operaciones a realizar y la prevención de la contaminación con el uso de nuevas tecnologías tales como los RPAS.



## TABLA DE ILUSTRACIONES

<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 1: PLATAFORMA MARINA DE SHELL NO.10 EN 1947.</u></a>	10
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 2: PLATAFORMA COGNAC</u></a>	11
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 3: PLATAFORMA SHELL DE ESTRUCTURA FIJA.</u></a>	11
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 4: TORRE "LENA".</u></a>	12
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 5: TORRES OFFSHORE CON BASE DE HORMIGÓN.</u></a>	12
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 6: TORRE SEMISUMERGIBLE</u></a>	13
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 7: BUQUE PERFORADOR.</u></a>	14
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 8: CAMPO EÓLICO BARD1</u></a>	15
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 9: ESTACIÓN DE PERFORACIÓN OFFSHORE.</u></a>	16
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 10: CAMPO EÓLICO OFFSHORE EN ALEMANIA.</u></a>	17
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 11: AEROGENERADOR MARINO.</u></a>	18
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 12: HEINKEL HE 178</u></a>	19
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 13: TORPEDO AÉREO KETTERING</u></a>	20
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 14: UAV QUEEN BEE.</u></a>	21
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 15: RADIOPLANE OQ-2.</u></a>	21
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 16: BOMBA HENSCHEL.</u></a>	22
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 17: INTERSTATE TDR</u></a>	22
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 18: DRONE DE GRAN ALCANCE TIPO TU.</u></a>	23
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 19: UAV PREDATOR</u></a>	23
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 20: GLOBAL HAWK.</u></a>	29
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 21: REAPER.</u></a>	24
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 22: AVION ESPÍA X37A.</u></a>	25
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 23: DRONE ESPÍA RQ-170 SENTINEL.</u></a>	25
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 24: VISTA AÉREA DESDE UN DRON.</u></a>	26
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 25: CONTROL DE UN OLEODUCTO.</u></a>	27
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 26: VISTA AÉREA DESDE UN DRON EN OPERACIONES DE RESCATE.</u></a>	28
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 27: DRON DE ALA FIJA.</u></a>	29
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 28: DRONE MULTIROTOR.</u></a>	30
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 29: RPA AIBOTIX</u></a>	31
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 30: SPREADING WINGS</u></a>	31
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 31: DRON PHANTOM</u></a>	35
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 32: PARÁMETROS DE VUELO</u></a>	36
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 33: EJEMPLO DE MEDIDAS DEL DRON PARROT</u></a>	46
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 34: EQUIVALENTE A UNA ESTRUCTURA DE 120 METROS DE ALTURA.</u></a>	47
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 35: ESTRUCTURA OFFSHORE</u></a>	47
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 36: TIPOS DE ESTRUCTURAS</u></a>	48
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 37: ESTRUCTURAS AEROGENERADORES.</u></a>	50
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 38: CONDICIONES ADVERSAS</u></a>	51
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 39: ACCIDENTE PLATAFORMA OFFSHORE</u></a>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 40: TRASLADO DE PERSONAL.</u></a>	52



<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 41: EMBARCACIÓN DE TRASLADO DE PERSONAL.</u></a>	53
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 42: TRASLADO EN HELICÓPTERO</u></a>	54
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 43: ESCALADORES</u></a>	54
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 44: SUPERVISIÓN DE UN AEROGENERADOR.</u></a>	63
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 45: MANTENIMIENTO</u></a>	63
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 46: RPA PHANTOM</u></a>	64
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 47: FICHA TÉCNICA.</u></a>	65
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 48: BÚSQUEDA Y RESCATE.</u></a>	66
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 49: FOTOGRAFÍA AÉREA.</u></a>	67
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 50: FOTOGRAFÍA AÉREA DE INCENDIO.</u></a>	69
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 51: INSPECCIÓN AÉREA.</u></a>	70
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 52: RPA EN PLATAFORMA PETROLÍFERA.</u></a>	70
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 53: TRASLADO DE PERSONAL PARA INSPECCIÓN.</u></a>	71
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 54: SUPERVISIÓN.</u></a>	72
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 55: ESCALADORES INSPECCIONANDO ESTRUCTURA DE UN EÓLICO.</u></a>	73
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 56: CONEXIÓN MAL ASEGURADA.</u></a>	73
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 57: MOTOR RECALENTADO.</u></a>	74
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 58: DAÑOS INTERNOS DE UN FUSIBLE.</u></a>	76
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 59: RODILLO SOSPECHOSO.</u></a>	77
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 60: MODELO DE CÁMARA LWIR.</u></a>	77
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 61: CÁMARA TERMOGRÁFICA MWIR.</u></a>	78
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 62: CÁMARA SWIR.</u></a>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 63: RPA PHANTOM.</u></a>	83
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 64: ESTACIÓN DE CONTROL RPA PHANTOM.</u></a>	87
<a href="#"><u>ILUSTRACIÓN 65: LISTA DE UNIDADES MÁS EL FACTOR PERSONA.</u></a>	88



## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Chen G, Haddadi A, Hoang AM, Chevallier R, Razeghi M. Demonstration of type-II superlattice MWIR minority carrier unipolar imager for high operation temperature application. *Opt Lett* 2015 Jan 1;40(1):45-47.
- (2) Gregory TS, Tse ZT, Lewis D. Drones: balancing risk and potential. *Science* 2015 Mar 20;347(6228):1323-a. Epub 2015 Mar 19.
- (3) Huang EK, Pour SA, Hoang MA, Haddadi A, Razeghi M, Tidrow MZ. Low irradiance background limited type-II superlattice MWIR M-barrier imager. *Opt Lett* 2012 Jun 1;37(11):2025-2027.
- (4) Kallehave D, Byrne BW, LeBlanc Thilsted C, Mikkelsen KK. Optimization of monopiles for offshore wind turbines. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci* 2015 Feb 28;373(2035):20140100.
- (5) Kang G, Tan Q, Wang X, Jin G. Achromatic phase retarder applied to MWIR & LWIR dual-band. *Opt Express* 2010 Jan 18;18(2):1695-1703.
- (6) Krauesslar V, Avery RE, Passmore J. Taking ownership of safety. What are the active ingredients of safety coaching and how do they impact safety outcomes in critical offshore working environments? *Int J Occup Saf Ergon* 2015;21(1):39-46.
- (7) Matha D, Sandner F, Molins C, Campos A, Cheng PW. Efficient preliminary floating offshore wind turbine design and testing methodologies and application to a concrete spar design. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci* 2015 Feb 28;373(2035):10.1098/rsta.2014.0350.
- (8) Park C, Cho N, Lee K, Kim Y. Formation Flight of Multiple UAVs via Onboard Sensor Information Sharing. *Sensors (Basel)* 2015 Jul 17;15(7):17397-17419.
- (9) Sandbrook C. The social implications of using drones for biodiversity conservation. *Ambio* 2015 Nov;44 Suppl 4:636-647.
- (10) Plataformas Petrolíferas, 2015; Disponible en: <http://www.crookedbrains.net>. Último acceso el 11/16, 2015.
- (11) Offshore Engineering. 2015; Disponible en: <http://www.smetak.com>. Último acceso el 11/16, 2015.
- (12) 2013; Buques Perforadores. : Disponible en <http://larocamadrehg.blogspot.mx>. Último acceso el 11/16, 2015.
- (13) Shell Corporation. (Tipos de Plataformas Shell). Disponible en: <http://www.shell.com.mx>. Último acceso el 11/16, 2015.



- (14) Accesorios y venta de Drones. :  
Disponibile en <http://www.dronesshop.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (15) Military Tecnology. :  
Disponibile en <http://www.miltechmag.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (16) Aviación de defensa. :  
Disponibile en <http://www.defenceaviation.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (17) Mantenimiento en alta mar. :  
Disponibile en <http://www.3ds.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (18) Planeta Dron. :  
Disponibile en <http://www.dronplanet.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (19) Cyberhawk Empresa de inspecciones Industriales,  
Disponibile en: <http://www.thecyberhawk.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (20) Drones y sus aplicaciones en la Ingeniería.  
Disponibile en: <http://www.fenercom.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (21) Area Tecnología. :  
Disponibile en <http://www.areatecnologia.com>. Último Acceso el 16/11, 2015.
- (22) Información y Noticias sobre la aviación. :  
Disponibile en <http://www.hispaviacion.es>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (23) Drones Aitbotix.  
Disponibile en: <https://www.aibotix.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (24) Boletín Oficial del Estado de la normativa vigente de Drones.  
Disponibile en: <http://www.boe.es/boe/dias/2014/10/17/pdfs/BOE-A-2014-10517.pdf>.  
Último acceso el 16/11, 2015.
- (25) Cámaras Aéreas. :  
Disponibile en: <http://www.dji.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (26) Empresa de venta de Drones. :  
Disponibile en <http://www.quadrocopter.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (27) Información de la segunda Guerra Mundial :  
Disponibile en <http://www.exordio.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (28) 'Cluster Aeronáutico-Aeroespacial de la Comunidad Valenciana  
Disponibile en: <http://www.clusteraerocv.es>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (29) General Atomics Aeronautical Systems.  
Disponibile en: <http://www.ga-asi.com/>. Último acceso el 16/11, 2015.





- (30) Página de Ingeniería. :  
Disponible en <http://www.ingenieros.es>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (31) Unmanned Aerial Vehicles.  
Disponible en: <http://www.iuavs.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (32) Empresa de Drones en Barcelona. :  
Disponible en <http://hemav.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (33) Todo Drones. :  
Disponible en <http://www.todrone.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (34) Instituto tecnológico Superior de Itsteziutlan.  
Disponible en: <http://www.itsteziutlan.edu.mx>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (35) Eólica Offshore.  
Disponible en: <http://www.eolicaoffshore.com/>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (36) Drones Phantom.  
Disponible en: <http://www.todophantom.com/tag/caracteristicas-tecnicas-dji-phantom-2/>. Accessed 16/11, 2015.
- (37) Alava Ingenieros. :  
Disponible en: <http://www.alava-ing.es>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (38) Cámara spectral MWIR. :  
Disponible en: <http://specim.fi/index.php/products/research/spectral-cameras/mwir>.  
Último acceso el 16/11, 2015.
- (39) SWIR Imaging. :  
Disponible en: <http://www.sensorsinc.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (40) Energías Renovables Disponible en.: <http://www.windenergy.lr.tudelft.nl>.  
Último acceso el 16/11, 2015.
- (41) Servicios Offshore en las Islas Canarias.  
Disponible en: <http://www.canaryislandshub.com>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (42) Unmanned Aerial vehicles.  
Disponible en: <http://www.iuavs.com/>. Último acceso el 16/11, 2015.
- (43) Página de Novedades Tecnológicas.  
Disponible en: <http://www.areatecnologia.com>. Último acceso el 16/11, 2015.



## RESPONSABILIDAD DEL TRABAJO AVISO

Ese documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos. Por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros.

La universidad de Cantabria. La Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido del mismo trabajo.

